



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“LA IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA EN LA
INDUSTRIA PETROLERA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
INGENIERO PETROLERO
P R E S E N T A
LIZETH MAYANIN NAVA GUZMÁN



ASESOR: M. en I. Néstor Martínez Romero

CD. UNIVERSITARIA

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer profundamente a mis padres y hermanas por compartir y dedicar gran parte de sus vidas conmigo, y por darme aliento para la ardua tarea de caminar hacia la perspectiva de un nuevo día. Es difícil imaginar cómo sería el andar cotidiano sin recordar su comprensión, su inmenso apoyo y su gran amor.

Gracias al Ingeniero Néstor Martínez por sus sabios consejos, y por ser un guía en mi formación no solamente académica, sino como persona, sin lugar a duda es un ejemplo a seguir.

Gracias a los Ingenieros Manuel Villamar, José Ángel Gómez Cabrera, Mario Becerra Zepeda y al Dr. Porfirio Mendizábal Cruz por su apoyo en la revisión de este trabajo y por brindarme sus conocimientos y sabios consejos a lo largo de mi carrera profesional

Gracias al Ingeniero Daniel Herrera por su apoyo incondicional y por ayudarme a cumplir esta meta.

Gracias a mis compañeros y amigos por brindarme su sincera amistad y por compartir conmigo instantes muy agradables.

Pero sobre todo agradezco a Dios por darme esa fe que ilumina y da sentido a mi vida aun en los peores momentos por los que nos toca pasar.

Lizeth Nava.

ÍNDICE

Página

| | |
|--|----|
| RESUMEN | i |
| Capítulo 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Caso real | 2 |
| 1.3 Objetivo de la tesis | 6 |
| Capítulo 2 CONCEPTOS BÁSICOS | 7 |
| 2.1 Introducción | 7 |
| 2.1.1 Definición de tecnología | 7 |
| 2.2 Objetivo y metas de la tecnología en la Industria Petrolera | 8 |
| 2.3 Importancia de la tecnología en la Industria Petrolera | 10 |
| 2.4 Generación de tecnología | 11 |
| 2.5 La administración de la tecnología en las organizaciones | 14 |
| 2.5.1 Estrategias tecnológicas | 14 |
| Capítulo 3 ANÁLISIS GLOBAL | 19 |
| 3.1 Avances recientes de la tecnología en la Industria Petrolera | 19 |
| 3.1.1 Yacimientos | 20 |
| 3.1.1.1 Caracterización de yacimientos | 20 |
| 3.1.1.2 Simulación numérica de yacimientos | 21 |
| 3.1.1.3 Recuperación secundaria y mejorada de aceite | 21 |
| 3.1.1.4 Métodos de recuperación avanzada | 23 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.1.2 | Perforación | 23 |
| 3.1.2.1 | Perforación bajo balance | 25 |
| 3.1.2.2 | Fluidos de baja densidad | 25 |
| 3.1.2.3 | Sistema de perforación direccional rotatorio | 26 |
| 3.1.2.4 | Sistema <i>Logging While Drilling</i> (LWD) | 27 |
| 3.1.2.5 | Centros de operación en tiempo real | 28 |
| 3.1.2.6 | Tubería expansible | 28 |
| 3.1.2.7 | Perforación en aguas profundas | 29 |
| 3.1.2.8 | Pozos multilaterales | 30 |
| 3.1.2.9 | Equipos de perforación de quinta generación | 31 |
| 3.1.2.10 | Barrenas | 31 |
| 3.1.2.11 | Terminación <i>tubing less</i> | 32 |
| 3.1.1.12 | Sistema <i>Excape</i> | 32 |
| 3.1.1.13 | Lavado de pozo | 33 |
| 3.1.1.14 | Fluidos de terminación libres de sólidos | 33 |
| 3.1.3 | Producción | 34 |
| 3.1.3.1 | Productividad de pozos | 34 |
| 3.1.3.2 | Sistemas artificiales de producción | 35 |
| 3.1.3.3 | Recolección, transporte y proceso | 35 |
| 3.1.3.4 | Monitoreo, control y optimización | 35 |
| 3.2 | Entorno Nacional | 43 |
| 3.2.1 | Exploración | 45 |
| 3.2.2 | Explotación | 52 |
| 3.2.3 | Comercialización | 56 |
| 3.3 | Entorno Mundial | 60 |
| 3.3.1 | Posicionamiento mundial de PEMEX | 62 |
| 3.3.2 | Brechas y Diagnóstico de la tecnología en México | 66 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| Capítulo 4 | PRINCIPALES COMPAÑÍAS PETROLERAS | 68 |
| 4.1 | Compañías Operadoras | 70 |
| 4.1.1 | ExxonMobil | 70 |
| 4.1.2 | Pemex | 70 |
| 4.1.3 | Petrobras | 72 |
| 4.1.4 | British Petroleum | 73 |
| 4.1.5 | Total fina elf | 74 |
| 4.2 | Compañías de Servicios | 74 |
| 4.2.1 | Schlumberger | 74 |
| 4.2.2 | Halliburton | 75 |
| 4.2.3 | BJ | 76 |
| 4.2.4 | Pride Internacional | 77 |
| 4.3 | Compañías de Ingeniería | 78 |
| 4.3.1 | Intec | 78 |
| 4.3.2 | SBM Imodco | 78 |
| 4.3.3 | Cooper Cameron | 79 |
| Capítulo 5 | INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL | 80 |
| 5.1 | Petróleos Mexicanos, PEMEX | 81 |
| 5.2 | Instituto Mexicano del Petróleo, IMP | 84 |
| 5.3 | Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, (F I) | 86 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Capítulo 6 | PROPUESTA DE DESARROLLO | |
| | ESTRATÉGICO PARA MÉXICO | 87 |
| 6.1 | Situación actual del desarrollo de la tecnología | 87 |
| 6.2 | Posibles estrategias | 93 |
| 6.3 | Adaptación y asimilación tecnológica | 99 |
| 6.4 | Transferencia y gestión tecnológica | 100 |
| 6.5 | Alianzas estratégicas | 102 |
| 6.6 | Inversión en investigación y desarrollo de tecnología | 107 |
| 6.7 | Régimen fiscal | 108 |
| | CONCLUSIONES | 112 |
| | RECOMENDACIONES | 115 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 116 |
| | REFERENCIA | 119 |
| | ABREVIATURAS | 121 |

RESUMEN

Actualmente la tecnología ha sido una de las fuerzas impulsoras más importantes del progreso económico y social del mundo. El uso de la tecnología, la innovación y la capacitación es fundamental en todas las actividades humanas incluyendo las actividades y procesos de la Industria Petrolera, y es indispensable para aumentar su eficiencia, productividad y crecimiento.

En este trabajo de tesis se presenta un estudio de la tecnología a través de un análisis global que determina cuales son las propuestas de desarrollo estratégico más importantes para México.

Después de una introducción acerca de los conceptos básicos y definición de la tecnología, objetivos y metas, así como la importancia de su generación y el proceso de investigación y desarrollo tecnológico, se presenta un análisis de la situación actual de la tecnología a nivel mundial así como en México y las brechas tecnológicas existentes.

Se mencionan las compañías petroleras, desarrolladoras de tecnología posesionadas como las principales a nivel mundial, así como las instituciones nacionales más importantes en el ramo.

Con base en este análisis de la tecnología se determinan algunas propuestas de desarrollo estratégico más importantes para México, que promuevan su independencia tecnológica, llegando así a las conclusiones planteadas en este trabajo de tesis.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los últimos años uno de los factores de mayor importancia que ha impulsado el crecimiento de la economía mundial es la incesante incorporación de desarrollos tecnológicos en la producción de bienes y servicios.

En la actualidad la libertad en la movilidad de capitales genera una asignación más adecuada que permite la maximización de las ganancias.

El incremento de la productividad en las empresas, es un elemento muy importante que influye en la producción mundial, y es en donde la aplicación de tecnología constituye un factor esencial de éxito.

La acertada identificación y detección de las fuentes de tecnología, las actividades de investigación y desarrollo, y su transferencia eficaz contribuyen fuertemente para que las empresas alcancen elevados desempeños en materia de competitividad.

La tecnología en cualquier industria y ciertamente también en la petrolera, se sustenta en ideas: el factor principal consiste en detectar la necesidad insatisfecha o el problema oculto, seguida de la búsqueda de las posibles soluciones para resolver dicho problema, posteriormente estas ideas se ven concretadas al materializarlas y aplicarlas para probar el razonamiento empleado y resolver el reto en cuestión.

1.2 Caso real

El desarrollo de tecnología en toda actividad humana es indispensable ya que genera una mayor productividad, minimizando costos, pérdidas, riesgos y recursos, lo cual promueve mayores ingresos, creación de empleos y reactiva la economía de cualquier país.

Un magnífico ejemplo de estas aseveraciones lo tenemos en Singapur, poco se sabe de los comienzos de la historia de la isla. En el siglo XIV, su situación en el cruce de vías marítimas la convertía en lugar de escala para embarcaciones de toda la región. Fue próspera durante algún tiempo, pero luego declinó, cuando la isla estuvo implicada en la guerra entre Tailandia y el Imperio de Majapahit, por la Península de Malasia.

Durante la guerra malayo-portuguesa, Singapur fue incendiada por los portugueses en 1617. Aunque la ciudad fue abandonada oficialmente, continuó siendo habitada por pescadores y piratas, en el siglo XVIII, los ingleses comprendieron la importancia estratégica de un lugar de escala para reparar, aprovisionar y asegurar protección a su flota, a medida que su imperio iba extendiéndose.

En 1819 Sir Stamford Raffles, decidió hacer de Singapur una plataforma comercial y una colonia, habiendo comprado la isla. La Compañía designó a un nuevo emperador, el príncipe Hussein, quien dio total libertad a los ingleses para mejorar el puerto, esta política atrajo comerciantes e inmigrantes provenientes de toda Asia y también de Estados Unidos y Medio Oriente. En 1824 la ciudad contaba con diez mil habitantes contra los 150 de 1819, en su mayoría chinos. En 1867, Singapur pasó a formar parte de la colonia británica.

La apertura del Canal de Suez en 1869, la creación del telégrafo y la aparición de los barcos a vapor permitieron a Singapur desarrollarse

rápidamente como puerto comercial, volviéndose posteriormente una de las rutas marítimas más transitadas del mundo.

En la II Guerra Mundial, la Post-guerra y la Independencia, los ingleses, superiores en número pero más pobres en táctica y armamento, fueron superados por los japoneses, y Singapur, fue invadida en 1942.

Singapur se independiza en 1959, y entre 1963 y 1965 formó parte de la Federación Malaya. El 9 de Agosto de 1965 proclamaba su independencia, con un futuro no muy prometedor, visto lo reducido del tamaño del país y la falta de recursos. Su gobernante hizo que el país desarrollara la industria manufacturera, en 1972. Durante ese tiempo se preocupó por hacer de Singapur un país de primer mundo. En 1990, su gobernante debió enfrentar los desafíos de crecimiento sostenido del país y su desarrollo de negocios, además de hacer frente a la crisis económica asiática de 1997.

En la actualidad es una de las economías más abiertas del mundo, con un régimen liberal de inversión extranjera y programas continuos de reforma en el sector de servicios, productos manufacturados y unos excelentes lazos comerciales internacionales, todo esto gracias al desarrollo y aplicación de tecnología de vanguardia, su rendimiento per cápita, sus inversiones y su disciplina en el trabajo, que lo hacen poseer los mejores atributos de un país desarrollado.

Es indispensable que un país como el nuestro pueda seguir los pasos de desarrollo marcados por países como Singapur considerando los siguientes tópicos fundamentales:

- a) Inversión apropiada en la educación pública
- b) Promover la innovación tecnológica
- c) Incentivar la competitividad
- d) Fomentar las inversiones productivas
- e) Desmotivar los capitales volátiles

La industria petrolera se encuentra, ante cambios muy importantes de cumplir con el objetivo de los requerimientos de la sociedad, y para ser más productiva y competitiva.

Las empresas petroleras internacionales invierten importantes sumas de dinero en tecnología por las elevadas expectativas que tienen de poder aprovecharla en los distintos países en donde operan. Es necesario enfatizar que tales inversiones reditúan en importantes beneficios económicos, esto es, el negocio se califica con un adjetivo de “excelente”¹.

En el caso específico de México la evidente rapidez con que cambia la tecnología en la industria de exploración y producción en el mundo ha obligado a PEP a tomar acciones dirigidas a su adquisición para acortar la distancia que separa a esta empresa de las más avanzadas, en relación con el aprovechamiento que hacen de la tecnología, especialmente en los campos más importantes del conocimiento en la industria de yacimientos, perforación y producción; tales como:

- Sismología y modelado geológico
- Administración de yacimientos
- Perforación no convencional
- Productividad de pozos
- Sistemas de producción
- Infraestructura de producción y transporte.

Cada una de las ramas anteriores tiene distinto impacto en el negocio en relación con el incremento de las reservas, incremento de producción y costo.

| | Incremento de reservas | Incremento de producción (o ingresos) | Reducción de costos |
|--|------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Sismología y modelado geológico | ✓ | ✓ | ✓ |
| Administración de yacimientos | ✓ | ✓ | ✓ |
| Perforación no convencional | | ✓ | ✓ |
| Productividad de pozo | | ✓ | ✓ |
| Sistemas de producción | | ✓ | ✓ |
| Infraestructura de producción y transporte | | ✓ | ✓ |

Tabla 1.1.- Impacto de la tecnología en el negocio¹

La Tabla 1.1 muestra como varía el impacto en el negocio en relación con el incremento de reservas, incremento de producción y reducción de costos, con las diferentes ramas de a industria de exploración y producción.

En este trabajo se revisan los elementos técnicos y las tecnologías de punta que se requieren para la estimación de las reservas de hidrocarburos de un yacimiento y para la definición de sus planes de desarrollo y explotación las cuales pueden enmarcarse en tres grandes disciplinas:

- Yacimientos
- Perforación
- Producción

Es importante enfatizar que el desarrollo tecnológico permite optimizar la explotación de nuestros campos petroleros minimizando pérdidas, costos tiempo y recursos humanos; por lo que México está obligado a buscar las alternativas que nos permitan ser menos dependientes de los países y compañías desarrolladoras de tecnología, así como de la tecnología ya existente.

1.3 Objetivo de la Tesis

El objetivo del presente trabajo es presentar y recomendar propuestas o estrategias por medio de las cuales, la Industria Petrolera Nacional, pueda alcanzar los niveles de desarrollo e investigación tecnológica, que promuevan su independencia respecto de otros países y compañías desarrolladoras de tecnología, como parte de este mismo objetivo analizaremos la posibilidad de crear centros desarrolladores de tecnología en México.

Capítulo 2

CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Introducción

La tecnología es una variable independiente que influye poderosamente sobre las organizaciones, ya que todas ellas la utilizan de alguna forma para ejecutar sus operaciones y realizar sus tareas. La tecnología se desarrolla en instituciones de nivel superior y de investigación así como en las empresas a través de conocimientos acumulados y desarrollados durante la ejecución de los procesos. Es utilizada también para transformar elementos como materias primas, componentes, bienes y servicios modificando así su naturaleza o sus características.

2.1.1 Definición de Tecnología

- Es un conjunto ordenado de instrumentos, conocimientos sistemas y metodologías aplicados en las distintas ramas industriales.

- Es una actividad socialmente organizada, planificada que persigue objetivos conscientemente elegidos y de características esencialmente prácticas.

- Es el conjunto organizado de conocimientos aplicados para alcanzar un objetivo específico, generalmente el de producir y distribuir un bien o servicio.

Para los propósitos de este trabajo; se define a la tecnología como:

La aplicación creativa (en equipos de trabajo), de conocimientos y herramientas científicas y de ingeniería, para resolver problema o agregar valor a procesos. Actualmente en el mundo se reconoce como un elemento fundamental para el crecimiento de las reservas comerciales.

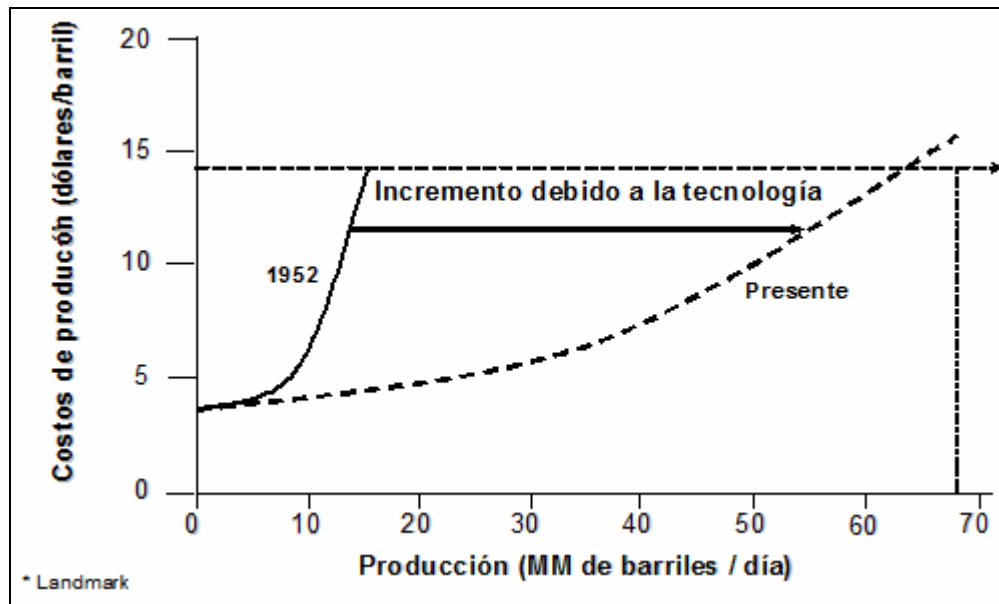


Fig.2.1.-Impacto de la tecnología en la producción de hidrocarburos

2.2.1 Objetivos y metas de la tecnología en la Industria Petrolera

Actualmente nos encontramos en una revolución tecnológica que continúa en diversos campos de desarrollo, lo que acelera la innovación y lleva la competencia a niveles muy altos. Hoy no sólo se innovan los métodos de producción, sino que incluso éstos, se transforman y redimensionan.

Uno de los objetivos de mayor importancia en la industria petrolera es el de compensar la actual declinación de los campos petroleros.

Esto nos lleva a definir muy retadoras metas; como son las de incrementar la incorporación de reservas, las cuales son el futuro de la industria, reducir la importación neta de gas y cumplir con la obligación de sustentar el desarrollo del mundo para las generaciones futuras, así como de revisar y analizar, en forma integral, todas las operaciones de producción en toda la cadena productiva, desde el pozo hasta la entrega a plantas de proceso o a distribución y venta.

Para alcanzar estas metas es muy importante contar con experiencia y tecnología en:

- Optimización de la producción a través del monitoreo en tiempo real, automatización de procesos productivos, nuevos sistemas artificiales de producción y reducción de la contrapresión en sistemas de recolección de pozos.
- Optimización de los sistemas superficiales de recolección y transporte para maximizar el valor agregado a los hidrocarburos.
- Desarrollo de campos de crudo pesado, que representan 64% de las reservas probadas.
- Desarrollo de campos maduros – que contienen reservas muy importantes – mediante sistemas de producción como recuperación secundaria y mejorada, a fin de incrementar el factor de recuperación actual.

Para todo esto también es necesario hacer más eficientes los sistemas de extracción de hidrocarburos y concretar ahorros importantes, a través de las mejores tecnologías, para producir al costo mínimo e incrementar la relación entre las reservas y la producción.

Cabe mencionar que los yacimientos petroleros son los activos básicos del negocio y es de gran importancia estudiar su naturaleza así como los ambientes en donde se desarrollan y producen siendo que esto es el punto de partida para la definición de las tecnologías requeridas. Ya que estas definiciones marcan el rumbo de las investigaciones y desarrollos tecnológicos, así como de la formación de recursos humanos especializados, importantes para un impacto positivo en los resultados.

2.3 Importancia de la tecnología en la Industria Petrolera

La tecnología ha sido una de las fuerzas impulsoras más importantes del progreso económico y social del mundo. Los avances en la investigación y el desarrollo de la industria petrolera se han convertido en factores fundamentales del crecimiento global, ya que no podemos concebir el mundo actual sin referirnos a las grandes innovaciones tecnológicas en materia de energía y, particularmente, en la industria de los hidrocarburos.

Las necesidades productivas y tecnológicas de la Industria Petrolera en todos estos años se han podido atender, en buena parte, gracias a las contribuciones de las compañías operadoras y de servicio, por lo que hoy se puede afirmar que tales compañías día a día tratan de fortalecer las capacidades nacionales e internacionales en materia científica y tecnológica.

Pero día con día nos enfrentamos a nuevos retos, en el caso de México en la Administración del Presidente actual Vicente Fox, PEMEX ha tenido que enfrentar nuevos desafíos ante la duplicación de las inversiones.

Por eso, hoy, se debe crear conciencia del enorme desafío que, en materia de tecnología, tenemos hacia adelante. La complejidad cada vez mayor de las operaciones de la industria petrolera en el mundo exige un grado creciente de especialidades tecnológicas, tanto en actividades primarias de exploración y explotación petroleras como en los procesos de transformación industrial.

El uso de la tecnología, la innovación y la capacitación es fundamental en todas las actividades y procesos de la Industria Petrolera, y es condición indispensable para aumentar su eficiencia, productividad y crecimiento.

2.4 Generación de tecnología

La tecnología ha demostrado su valor en la generación de utilidades para las empresas y su relevante papel en la economía, lo que permite a las empresas a ser competitivas en el ámbito internacional.

Es por ello que resulta importante disponer de un instrumento que permita visualizar la viabilidad de las inversiones, tanto en la generación de tecnología propia o en la adquisición de tecnología en el mercado internacional.

Así el objetivo de este subtema es dar un panorama del valor de la tecnología, haciendo énfasis en la importancia de su administración.

En las definiciones mencionadas al inicio del capítulo, la tecnología no es considerada como un elemento único aislado, sino que – por el contrario – se percibe como una serie de elementos interrelacionados con el objetivo común de satisfacer las necesidades de los problemas o procesos.

La administración de la tecnología es la clave del éxito de las empresas en todas las partes del mundo. Sin embargo, esta tarea no resulta fácil porque un uso ineficaz de la tecnología puede llevar a quebrantar las bases competitivas de las organizaciones debido a que no siempre es portador de ventajas competitivas.

Para la producción de bienes o servicios la tecnología se incorpora al sector productivo mediante la producción directa (como ocurre en toda la unidad económica que utilice la tecnología que ella misma produce) y mediante su comercio (cuando la unidad económica adquiere la tecnología ofrecida por otros); estas operaciones tienen un carácter económico.

Este sistema tecnológico tiene un precio, es una mercancía que tiene un valor de uso y un valor de cambio. El valor de uso está determinado por el grado que cumple los propósitos para los cuales se integró y el valor de cambio se mide por la proporción en que su valor de uso se cambia por el de otra mercancía, ya sea directamente o por medio de unidades monetarias.

Por eso es de vital importancia conocer a fondo la tecnología, ya que nos permite:

- 1.- Afianzar la posición competitiva de la organización en el mercado, a través de la venta de productos adecuados.
- 2.- Desarrollar tecnología alternativa que supere a la que actualmente está en uso.
- 3.- Diversificar el portafolio de productos si se considera estratégicamente necesario.

Así también el desarrollo e integración de la tecnología deben ser valorados a largo plazo, pues a corto plazo conduce a errores estratégicos, insalvables o muy costosos. Un aspecto clave, es que la tecnología, debe analizarse con criterios de mercado y con un enfoque de costo-beneficio a largo plazo.

La mejora de la tecnología es una alternativa válida para aumentar o incrementar la posición competitiva en el mercado. Las decisiones de inversión en ella suelen ser irreversibles; sino se toman en el momento oportuno, después resultará muy difícil su introducción en el mercado; es por eso que conviene valorar estratégicamente el potencial de la tecnología para decidir si interesa cambiarla.

Es importante mencionar que para que exista un progreso tecnológico se debe planear un diagnóstico, un pronóstico y una prospectiva tecnológica; a continuación se presenta la curva de la tecnología y su evolución.

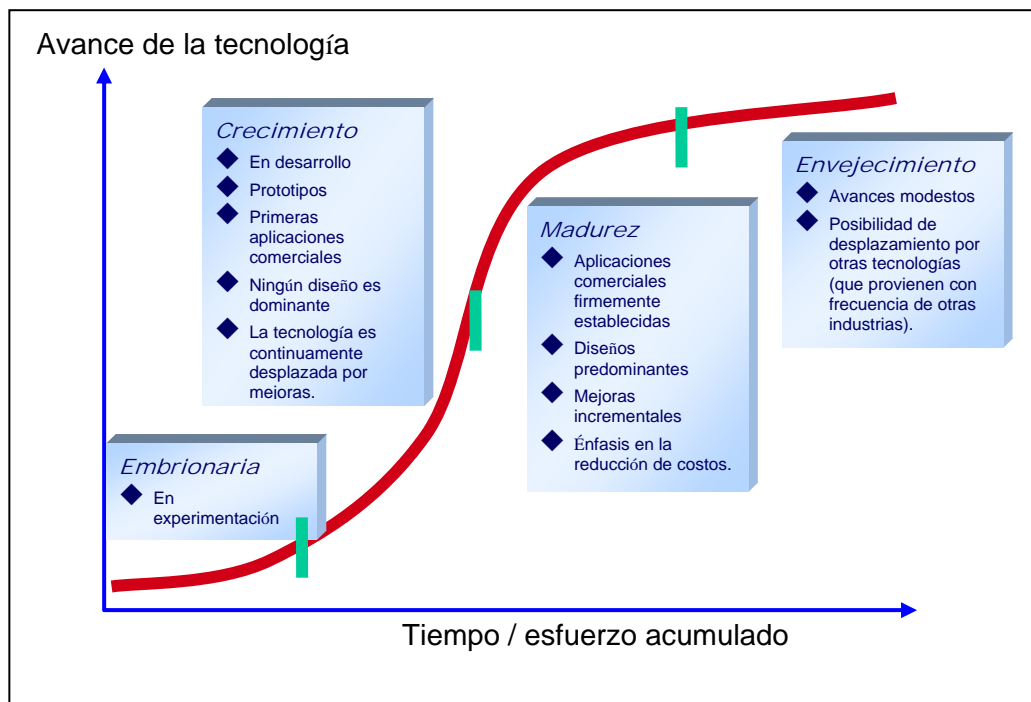


Fig.2.2.- Curva de la tecnología y sus posibilidades de evolución³

2.5 La administración de la tecnología en las organizaciones

Para una buena administración de la tecnología se debe recurrir al proceso administrativo tradicional: plantación, organización, dirección y control.

El proceso de administración de la tecnología incluye actividades cíclicas marcadas en la figura 2.3.; estos elementos tienen como objetivo fundamental dar permanencia y crecimiento a la organización a través de reforzar su competitividad mediante el desarrollo y obtención de innovaciones, ya sea graduales o radicales.

Uno de los puntos más importantes en el proceso administrativo de la tecnología sin lugar a dudas son las estrategias tecnológicas, por medio de las cuales se lograrán la visión y objetivos establecidos por las empresas utilizando como medio el desarrollo propio de tecnología.

2.5.1 Estrategias tecnológicas

En términos generales, el objetivo principal de toda estrategia tecnológica es el de mantener o incrementar la capacidad competitiva de la empresa, a través de innovaciones. Por otro lado, es necesario considerar que la plantación tecnológica en la empresa tiene una fuerte interrelación con las funciones técnicas de mercadotecnia de producto y costos técnicos. Los trabajos en la tecnología se encaminan a tres principales opciones: compra, copia o desarrollo de los diferentes elementos que se consideran necesarios.

El camino por seguir se determina por el conocimiento del nivel tecnológico que presente la organización y por su posición en el mercado. Al cruzar estos dos elementos se presentan seis estrategias.

1.- Liderazgo tecnológico o desarrollo e innovación

Esta estrategia requiere de lograr y mantener una posición de vanguardia en tecnologías sólo se puede perseguir si se tiene una posición competitiva muy fuerte.

2.- Estrategia de seguidor y copia

Esta opción requiere de una fuerte inversión, con el objeto de seguir de cerca al líder. Igualmente, presupone una fuerte posición competitiva y puede ser la base y punto de partida para conseguir el liderazgo tecnológico si la empresa asigna más recursos económicos y humanos a la innovación o si el líder comete un error.

3.- Adquisición de tecnología o compra

Esta estrategia tiene por objeto adquirir el sistema tecnológico mediante licencias o contratos con otras empresas cuya tecnología es de primera generación o sus recursos técnicos son avanzados. Es adecuada para empresas con fuerte posición competitiva, pero con una tecnología de bajo nivel.

4.- Estrategia de nicho tecnológico

Esta estrategia está orientada a explorar, selectivamente, aspectos tecnológicos de una determinada área a partir de una posición competitiva favorable, aunque no muy fuerte. Ampliando gradualmente el nicho, se puede mejorar la posición competitiva y la empresa puede pasar a una estrategia de seguidor o incluso de líder.

5.- Estrategia de Alianzas Estratégicas

Esta estrategia es apropiada para empresas en una posición competitiva débil, que han logrado un avance o un invento importante, pero carecen de los recursos financieros necesarios para convertirlo en una innovación para su comercialización: una estrategia de alianzas estratégicas puede permitir moverse hacia un nicho tecnológico.

6.- Estrategia de reconversión o retirada

Para empresas que se encuentran en posiciones débiles o medianas tanto en su tecnología como en su capacidad competitiva, sólo les quedan las alternativas de una reconversión de proceso y productos o de retirarse del mercado.

Una estrategia de reconversión exige concentrar todos los esfuerzos y recursos en revitalizar la empresa, generalmente con ayuda externa (licencias, acuerdos de colaboración, consultoría externa, ayudas gubernamentales, etc.); en cambio, una de retirada se orienta a disminuir los costos ocasionados por la salida del mercado².

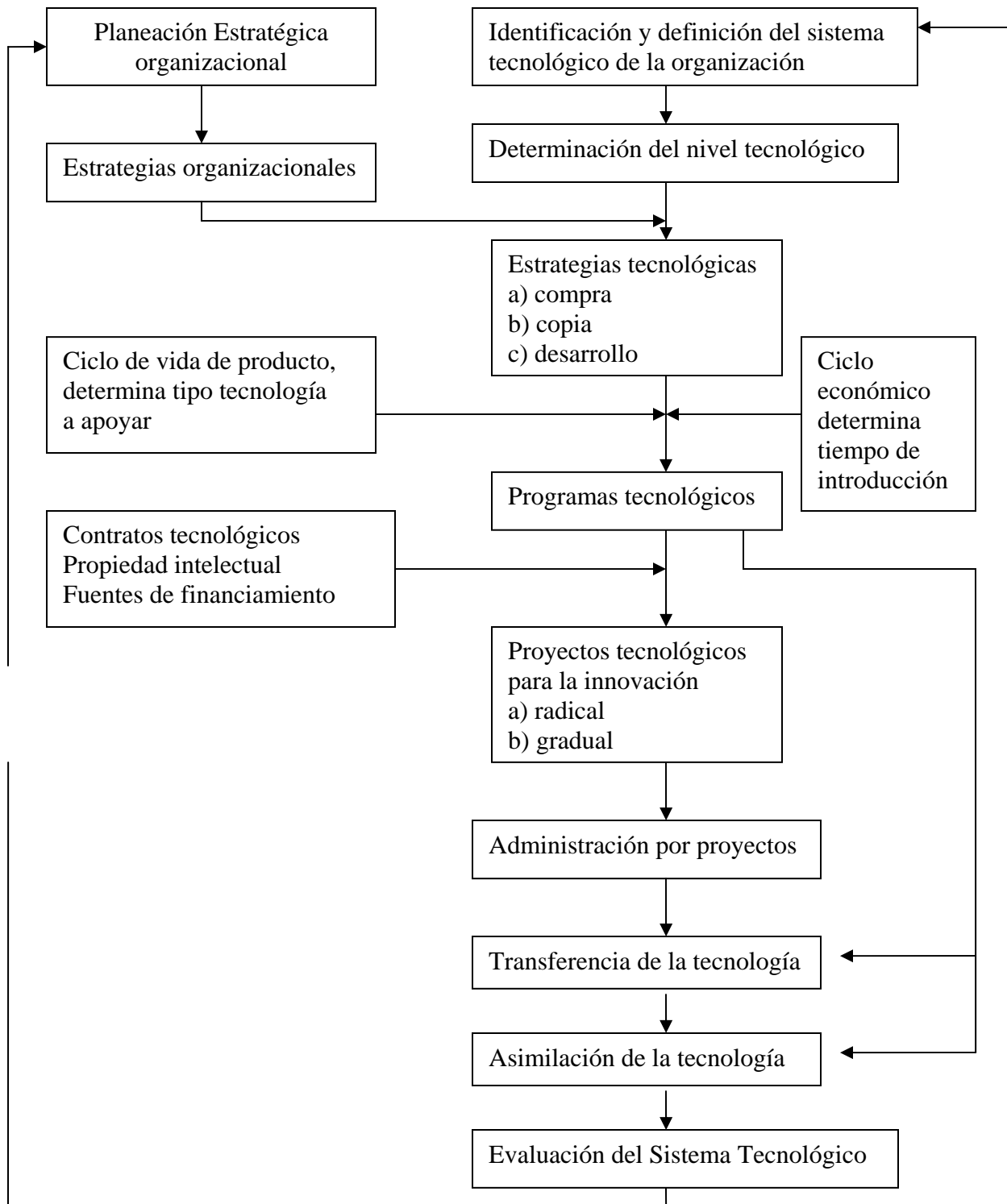


Fig. 2.3.- Proceso Administrativo

Capítulo 3

ANÁLISIS GLOBAL

3.1 Análisis de la tecnología en la Industria Petrolera

El negocio fundamental de la exploración y producción de petróleo y gas natural consiste en el descubrimiento de nuevos yacimientos y en la explotación óptima de sus hidrocarburos, para el cual, el avance de la tecnología en la industria petrolera juega un papel fundamental, en este capítulo se presentan tecnologías de vanguardia, y para su estudio se clasifican en 3 áreas:

- 1) Yacimientos
- 2) Perforación y
- 3) Producción

Las cuales nos proporcionan los elementos técnicos requeridos para:

- Estimar los volúmenes y reservas de hidrocarburos contenidos en los yacimientos.
- Definir los planes de desarrollo y explotación.
- Perforar y terminar los pozos, a través de los cuales se extraen las reservas.
- Manejar y transportar los hidrocarburos producidos, desde los campos petroleros hasta los centros de recolección y procesamiento.

Es conveniente enfatizar que los activos básicos del negocio son los yacimientos petroleros, y el conocimiento de su naturaleza y de los ambientes en que se desarrollan y producen es el punto de partida para la definición de las tecnologías requeridas.

A continuación se describen por áreas:

3.1.1 Yacimientos

Dentro del área de yacimientos se tienen cuatro grandes disciplinas tecnológicas: caracterización de yacimientos, simulación numérica de yacimientos, métodos de recuperación secundaria y mejorada, y métodos de recuperación avanzada. A continuación se describen las particularidades de cada una de estas disciplinas.

3.1.1.1 Caracterización de yacimientos

Comprende las técnicas para obtener, mediante métodos directos o indirectos, los parámetros que caracterizan a un yacimiento petrolero. Las técnicas de caracterización se dividen en dos tipos:

- Estática
- Dinámica

Con el empleo de la primera se busca obtener las propiedades que no son influenciadas por la dinámica del flujo de fluidos en el yacimiento, como los rasgos estructurales, estratigráficos y litológicos de la formación productora de hidrocarburos y algunas de sus propiedades petrofísicas. En cambio, la caracterización dinámica¹²⁻¹⁵, se sustenta en el procesamiento y análisis de datos que contienen, intrínsecamente información de las propiedades que describen el flujo de fluidos en el medio poroso y que se obtienen mediante pruebas de pozos, o en experimentos que se realizan en muestras de roca o núcleos cortados y recuperados durante la perforación.

3.1.1.2 Simulación numérica de yacimientos

Comprende las actividades de desarrollo de herramientas matemáticas para describir el flujo de fluidos en yacimientos petroleros y su aplicación en la generación de modelos para estudiar y predecir el comportamiento de un yacimiento, dentro de distintos esquemas viables de desarrollo y explotación. Estas herramientas son fundamentales en la administración moderna de yacimientos ya que sus resultados, complementados con los análisis económicos correspondientes, guían la toma de decisiones relacionadas con las acciones a implantar durante la vida de un yacimiento para optimizar su explotación.

3.1.1.3 Recuperación secundaria y mejorada de aceite

Consiste en suministrar energía al yacimiento mediante la inyección de fluidos para recuperar volúmenes de aceite adicionales a los que se obtienen durante la etapa de producción primaria, en la que la producción de aceite proviene del aprovechamiento de la energía natural contenida en el yacimiento. Más específicamente, la aplicación de métodos de recuperación secundaria permite desplazar eficientemente el aceite hacia los pozos productores, o bien, acelerar la recuperación de aceite del yacimiento, como es el caso de los proyectos de mantenimiento de presión.¹¹

Por otro parte, la recuperación mejorada hace posible:

- 1) Reduce las fuerzas interfaciales o capilares que retienen al aceite en el medio poroso, y aumenta la eficiencia microscópica de la recuperación mediante la inyección de gases en condiciones miscibles, como el CO₂, N₂ y

gases hidrocarburos, o a través de la inyección de agua adicionada con sustancias químicas tenso-reductoras en el caso de yacimientos heterogéneos,

2) Mejora la eficiencia con que se desplaza el aceite hacia los pozos productores mediante la inyección de agua con productos químicos, como polímeros.

Corresponden también a la categoría de recuperación mejorada, los procesos térmicos de inyección de vapor o aire, o combustión *in-situ*,⁸⁻¹⁰ y la inyección de microbios; en este último caso, se inyectan cepas especiales de microbios al yacimiento con el objeto de producir *in-situ* sustancias tenso-reductoras, o gases, como bióxido de carbono.

La aplicación de métodos de recuperación secundaria permite obtener por encima de lo que se extrae con recuperación primaria, otro 10% del volumen de aceite contenido en el yacimiento, mientras que con los métodos de recuperación mejorada se recupera de 10 a 15% adicional; estos porcentajes pueden variar y dependen en lo general de las características geológicas y petrofísicas del yacimiento, de los mecanismos naturales de producción que en él operan y del proceso de recuperación que se utilice.

Aunque los métodos de recuperación citados se conciben convencionalmente en orden cronológico, las prácticas actuales de explotación de yacimientos no necesariamente siguen esa secuencia, debido a que existen yacimientos y situaciones operativas que justifican la aplicación de procesos de recuperación secundaria o mejorada desde las etapas tempranas de la vida del yacimiento, con el fin de obtener mejores resultados técnicos y económicos.

3.1.1.4 Métodos de recuperación avanzada

Comprenden la aplicación de tecnologías y prácticas de recuperación no convencionales, que superan las previamente aplicadas en el desarrollo y explotación de un campo, para aumentar la recuperación de aceite o gas de sus yacimientos. La perforación de pozos de relleno, pozos horizontales, multilaterales, la separación de agua en el fondo del pozo, el control de la producción de agua mediante la inyección de polímeros y la aplicación de calentamiento eléctrico en el fondo del pozo para aumentar la productividad en yacimientos de aceite pesado son algunos ejemplos de métodos de recuperación avanzada. Estos métodos generalmente se aplican junto con métodos de recuperación secundaria y mejorada.

3.1.2 Perforación

En lo que corresponde a la ingeniería de perforación, sus procesos más sobresalientes incluyen la perforación y la terminación de pozos; a continuación se presenta una breve evolución.

Evolución de la perforación de pozos

En sus inicios la perforación de pozos se realizaba por ensayo y error, lo que la convertía en un proceso muy costoso y riesgoso, además la tecnología estaba bastante limitada. Conforme se presentó la necesidad de perforar pozos en menor tiempo y costo más profundos y complejos, se tuvo la exigencia de contar con tecnología de vanguardia y programas de cómputo más avanzados.

La evolución de estos elementos ha sido significativa, a tal grado que muchas compañías han invertido vastos recursos y tiempo en la construcción y venta de *software* y tecnología de equipos, herramientas, materiales y servicios.

Los primeros paquetes de *software* fueron diseñados para tareas específicas: hidráulica, diseño de revestimientos, sartas de perforación, y plan direccional, en la actualidad se cuenta con simuladores y *software* que intervienen en todo el proceso de planeación y diseño de la perforación de pozos, y con los cuales se puede costear el proyecto y generar escenarios de riesgos. Sin embargo, se mantiene como fundamental la interacción con diferentes disciplinas para la toma de decisiones; además, es sumamente importante entender los conceptos sujetos a análisis y emplear los resultados con sentido común y criterio, para evitar considerarlos a ciegas como absolutamente correctos.

Otro aspecto que ha cambiado significativamente es la tecnología para la ejecución de la perforación y la terminación en operaciones no convencionales; actualmente se cuenta con equipos de perforación prácticamente automatizados, los cuales realizan operaciones totalmente sincronizadas y evitan problemas por debilidades técnicas del personal, concentración, cansancio, etcétera.

A continuación se muestran los últimos avances en la planeación, diseño y tecnología para la ejecución eficiente de perforación y terminación de pozos.

Tecnología de vanguardia para perforación y terminación de pozos

La perforación de pozos en zonas altamente fracturadas y de baja presión es sumamente complicada, pues se presenta la pérdida total de circulación, la cual afecta la limpieza del pozo; asimismo, aparecen problemas de manifestación constantemente; no se alcanza control del plan direccional, etcétera. Además, la pérdida de circulación daña el intervalo productor que afecta la producción del pozo. Las tecnologías desarrolladas recientemente para mitigar este efecto son la perforación bajo balance y el empleo de fluidos de muy baja densidad (Figura 3.1).

3.1.2.1 Perforación bajo balance

La perforación bajo balance consiste en perforar con un fluido de cierta densidad que genera una presión hidrostática menor que la presión de formación, con lo que se logra controlar el flujo de hidrocarburos del yacimiento hacia el pozo, lo que además de evitar el daño tiene las ventajas de incrementar la velocidad de penetración, evitar problemas en ventanas operacionales reducidas, y pegaduras por presión diferencial.

3.1.2.2 Fluidos de baja densidad

Una de las tecnologías de vanguardia en fluidos de baja densidad son los fluidos espumados los cuales son compuestos de líquido y gas con un agente espumante que permite su formación con alta eficiencia para el transporte de recortes, condiciones de bajo balance en formaciones depresionadas y suficiente presión anular para reducir la inestabilidad del agujero, la cual ocurre al perforar con aire o niebla.



Fig.3.1.- Fluidos ultraligeros o de muy baja densidad para perforar en zonas depresionadas.

Para la cementación de tuberías de revestimiento en este tipo de zonas se cuenta con tecnología de cements ultraligeros, en la cual se generan cements espumados estables mediante un sistema computarizado de mezcla, para contar con cements de baja densidad resistentes a los esfuerzos de larga duración.

3.1.2.3 Sistema de perforación direccional rotatorio

Este sistema permite tener control de la inclinación y dirección de la cara de la herramienta y de la trayectoria del pozo mientras se perfora con rotación continua; con el sistema se incrementa 30% la velocidad de penetración durante la etapa de construcción de la curva, en relación con el sistema de perforación con sarta navegable; asimismo, disminuyen los riesgos de pegaduras y los problemas que genera la tortuosidad. Se recomienda para pozos profundos con trayectorias complejas y de largo alcance (Figura 3. 2).

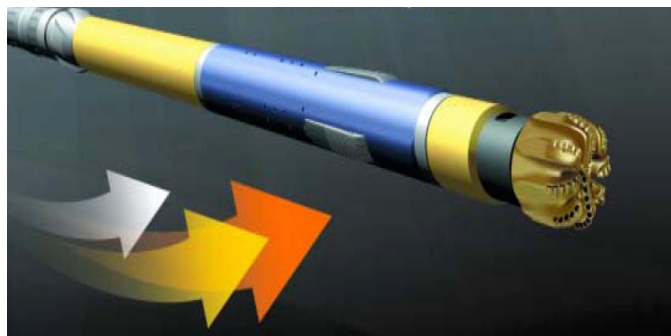


Fig.3.2.- Sistema de perforación direccional rotatoria.

3.1.2.4 Sistema *Logging While Drilling* (LWD)

Esta herramienta permite tomar, en tiempo real, mientras se perfora registros de resistividad, rayos gama, densidad, sónico y de resonancia magnética durante la perforación del pozo (Figura 3.3), lo que ayuda a detectar profundidades de asentamiento de las tuberías de revestimiento, determinar geopresiones, zonas potenciales a pegaduras por presión diferencial, intervalos con gas, agua, aceite y zonas arcillosas.

También se puede medir la presión en el fondo del pozo durante la perforación: el medidor de presión permite conocer la densidad equivalente de circulación, detectar problemas de limpieza, tendencias de empacamiento y pérdidas elevadas por fricción, lo que evita pérdidas de circulación. Este medidor es extremadamente útil durante el proceso de control del pozo y resulta muy recomendable para zonas con manifestaciones constantes.

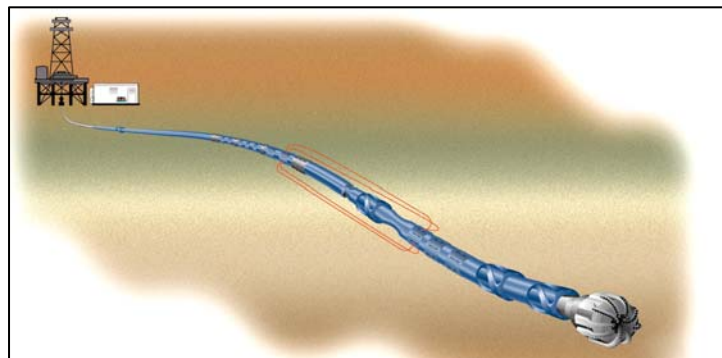


Fig.3.3.- Sistema LWD

3.1.2.5 Centros de operación en tiempo real

En los centros de operación en tiempo real (Figura 3.4), el grupo multidisciplinario puede visualizar los parámetros del subsuelo y de perforación que se emplean en las operaciones de perforación y terminación de pozos para la toma de decisiones desde lugares remotos, en el momento en que estas actividades se llevan a cabo, a fin de anticipar y controlar riesgos operacionales, supervisar operaciones complejas, eliminar tiempos no productivos y realizar ajustes a los programas de diseño; además, se utiliza en forma simultánea la experiencia del personal calificado en la toma de decisiones en diferentes pozos.



Fig. 3.4.- Supervisión de la operación en tiempo real

3.1.2.6 Tubería expansible

Cuando se presenta un evento geológico inesperado o un accidente mecánico se tiene la necesidad de sacrificar una tubería de revestimiento, lo que provoca terminar el pozo en diámetro menor al programado, lo que afecta adversamente la productividad. Con la tubería expansible (Figura 3.5) se evita meter tubería de sacrificio convencional y se favorece el cumplimiento del programa. Este sistema permite también aislar intervalos indeseables, remediar anomalías en el revestimiento y colgar tuberías cortas.

La tendencia con el empleo de la tubería expansible es lograr construir un pozo de un solo diámetro (*monobore*).

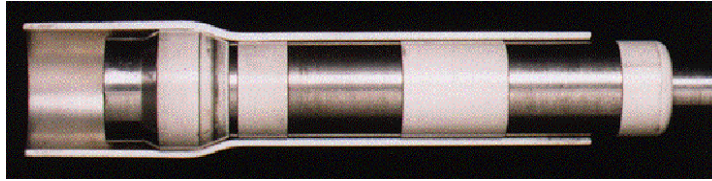


Fig. 3.5.- Tubería expansible

3.1.2.7. Perforación en aguas profundas

La exploración y explotación de aceite y gas ha avanzado rápidamente hacia profundidades de agua que hace pocos años ni siquiera eran imaginadas. Los equipos de perforación de posicionamiento dinámico y la tecnología para perforar pozos en esos escenarios han evolucionado considerablemente para cumplir los requerimientos.

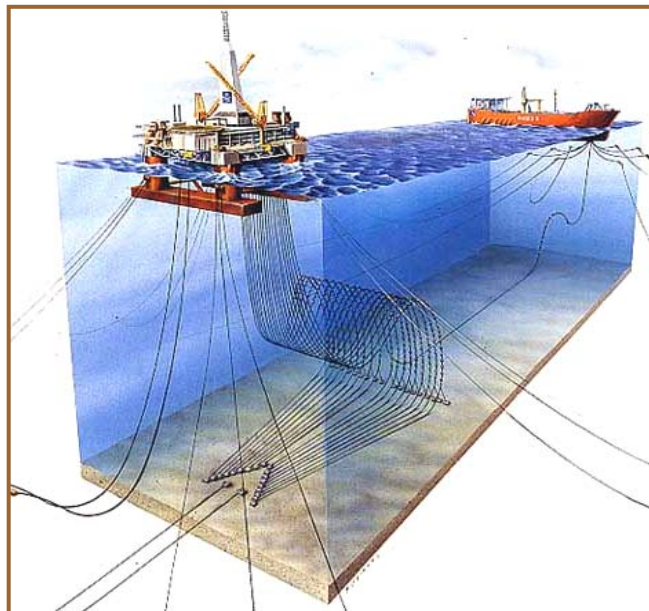


Fig. 3.6.- Perforación en aguas profundas

La barrera de los 3,048 m (10,000 pies) de tirante de agua ha sido superada y los retos que esto representa (flujos someros de agua o gas,

hidratos, logística, pérdidas de circulación, control de la densidad equivalente de circulación, control de pozos, incremento considerable de viscosidad por las bajas temperaturas, etcétera.) han sido resueltos. Actualmente están en proceso de desarrollo técnicas como perforación sin *raiser* y con doble gradiente, para mejorar la eficiencia y lograr avanzar hacia aguas aún más profundas (Figura 3.6).

3.1.2.8 Pozos multilaterales

Un sistema multilateral (Figura 3.7) es aquel en donde se tienen varios pozos horizontales, o casi horizontales, conectados y perforados desde un solo agujero. El objetivo es asegurar el drene óptimo del yacimiento, sin la perforación de pozos adicionales y, con ello, reducir el costo del desarrollo del campo.

Esta tecnología tiene la capacidad de producir diferentes intervalos simultáneamente, a través de varias sargas que convergen en el pozo. Este sistema permite optimizar la energía del yacimiento debido al incremento del área de contacto con la formación productora y los beneficios que lo anterior representa.

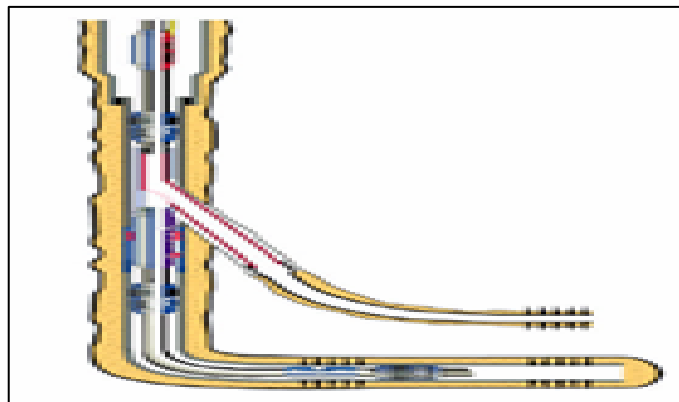


Fig. 3.7.- Pozos multilaterales

3.1.2.9 Equipos de perforación de quinta generación

La construcción de equipos de perforación costa afuera cambia considerablemente; en la actualidad los equipos más complejos son los de quinta generación, los cuales cuentan con mayor equipamiento, sistemas de automatización, más capacidad de perforación y almacenamiento. Dentro de las cualidades típicas de estos equipos se encuentran perforar y armar la tubería de revestimiento simultáneamente, bombas de alta presión (7,500 psi), doble sistema de presas, manejo automatizado de la sarta de perforación, capacidad de 1,000 toneladas de carga al gancho, manejo de lingadas de cuatro secciones de tubería, sistema automatizado para manipular las actividades en el piso de perforación, entre otras. La Figura 3.8, muestra un equipo de quinta generación.



Fig. 3.8.- Equipo de quinta generación

3.1.2.10 Barrenas

La tecnología en barrenas ha avanzado considerablemente: se cuenta con barrenas de diamante policristalino (PDC) con cortadores de alto impacto (Figura 3.9), los cuales permiten mejorar el desempeño que se obtiene con barrenas PDC convencionales, e incrementan la vida de las mismas. El desarrollo técnico se realizó con base en un simulador de elementos finitos, analizadores acústicos y de metales.

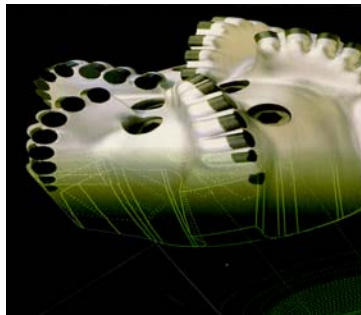


Fig. 3.9.- Barrena PDC

3.1.2.11 Terminación *tubing less*

Esta tecnología consiste en perforar la última etapa del pozo con tubería de producción y conexión de alto torque; cuando se alcanza la profundidad programada se cementa como tubería de explotación y, finalmente, se opera como aparejo de producción (Figura 3.10). La reducción en costos respecto a las terminaciones convencionales es hasta 30 %.

3.1.2.12 Sistema *Excape*

El sistema *Excape* es un proceso de terminación mediante el cual es posible realizar operaciones secuenciales de cementación, disparos, fracturas y aislamiento de las distintas zonas de interés, de manera selectiva e integral, reducir los tiempos en la etapa de terminación y fracturar mayor número de intervalos que con el sistema convencional (Figura 3.11).

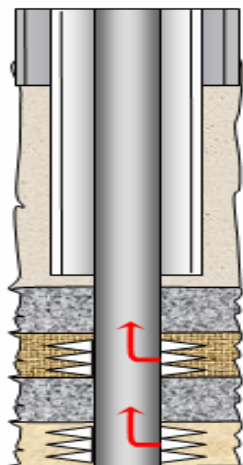


Fig. 3.10.- Terminación *tubing less*

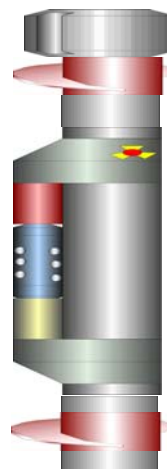


Fig. 3.11.- Sistema *Escape*

3.1.2.13 Lavado de pozo

En esta operación existen productos para limpieza mecánica y química: la última generación en limpieza mecánica son los cepillos lavadores, los cuales limpian, en el revestimiento, de manera más eficiente que las herramientas convencionales (escariadores). En relación con los sistemas químicos se cuenta con fluidos que generan altas velocidades de corte que favorecen la limpieza de las tuberías (Figura 3.12).

3.1.2.14 Fluidos de terminación libres de sólidos

La mejor opción para evitar daño a la formación durante las operaciones de terminación (disparo, estimulación, fracturamiento, etcétera), son los fluidos libres de sólidos. Hoy en día se cuenta con una extensa variedad de estos productos, en cuanto a características y densidades (Figura 3.13).

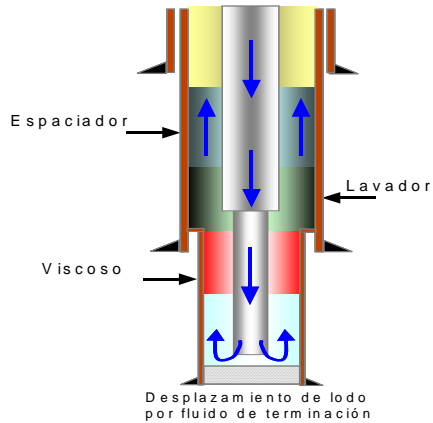


Fig. 3.12.- Lavado de pozo

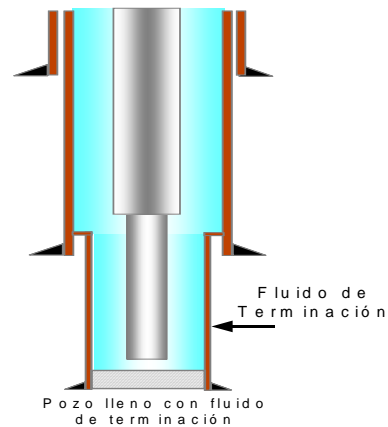


Fig. 3.13.- Fluido de terminación

Además del empleo de tecnología más eficiente es preciso contar con procedimientos estandarizados y optimizados de ejecución para cada actividad que se realiza en los procesos de perforación y terminación, con la finalidad de evitar accidentes y realizar las operaciones sin confusión y de manera eficiente. También, se requieren planes de contingencia bien definidos para saber qué, cómo y quién tiene que actuar en caso de que se presente una situación de emergencia.

3.1.3 Producción

La ingeniería de producción se puede subdividir en las siguientes áreas:

3.1.3.1 Productividad de pozos

Esta disciplina se encarga de alcanzar el valor máximo de producción racional mediante la aplicación de las tecnologías y las técnicas más modernas: operaciones de fracturamiento hidráulico, estimulaciones, disparos, análisis de flujo en tuberías verticales e inclinadas, control de finos de la formación, control de la depositación de sólidos y control de entrada de agua y gas.

3.1.3.2 Sistemas artificiales de producción

Cuando la presión del yacimiento ha declinado y los fluidos ya no pueden alcanzar la superficie o no cuentan con la energía suficiente para incorporarse a la red de recolección, se hace necesario adicionar energía a los fluidos mediante diversos sistemas, los cuales dependen, de las propiedades de los fluidos, el estado mecánico del pozo, su localización y la disponibilidad de energía.

De los sistemas artificiales de producción destacan, entre otros el bombeo neumático que consiste en inyectar gas en el pozo a determinada profundidad con el fin de aligerar la columna hidráulica de fluidos. En el bombeo electro centrífugo sumergido se coloca una bomba electro centrífuga dentro del pozo, a cierta profundidad para el levantamiento de la columna de fluidos y el bombeo mecánico consiste en instalar una bomba en el fondo del pozo accionada por una sarta de varillas, y en la superficie con un balancín y un motor superficial.

3.1.3.3 Recolección, transporte y proceso

La recolección y transporte de hidrocarburos se realiza mediante ductos que permiten concentrar la producción en instalaciones en donde se llevan a cabo procesos de separación, estabilización y deshidratación, para obtener como productos separados aceite, gas y agua.

3.1.3.4 Monitoreo, control y optimización

Los fluidos en fases separadas son transportados a través de oleoductos, gasoductos y acueductos, según el caso, para su tratamiento y proceso en refinerías y plantas de gas.

Tecnología de vanguardia en el área de producción

A continuación se muestran algunos ejemplos de dispositivos y equipos que operan con tecnología de punta, los cuales, en algunos casos se emplean en la industria petrolera nacional.

Fibra óptica

La aplicación de la nueva tecnología de monitoreo con fibra óptica mediante cables especiales bajados o instalados en el pozo, permite la medición del perfil de temperatura a intervalos reducidos del orden de 1 metro lo cual amplía significativamente el rango de medición (Figura 3.14).

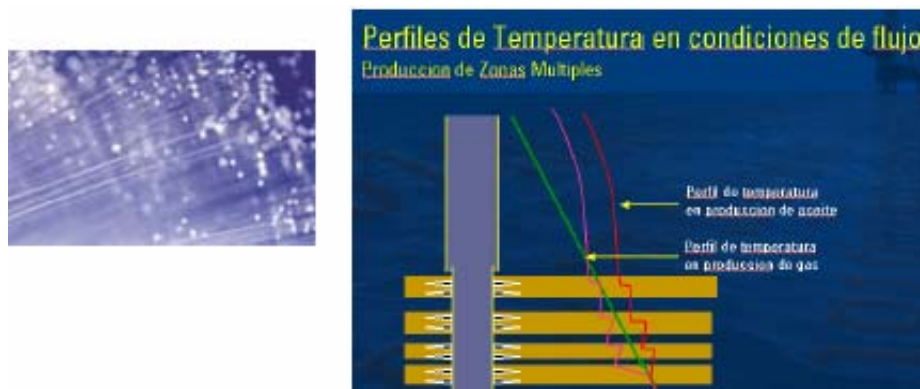


Fig. 3.14.- Empleo de fibra óptica

Estas mediciones realizadas en tiempo real desde la superficie amplían el conocimiento de los parámetros del yacimiento y del flujo interrelacionados con la temperatura, como:

- Condiciones térmicas de flujo estático y dinámico.

- Condiciones de funcionamiento de válvulas, en bombeo neumático en relación con el efecto Joule-Thompson, que explica el decremento de temperatura por expansión de gases.
- Identificación de flujos de agua y gas en pozos que tienen varias zonas productoras.
- Condiciones de inyección de agua en el pozo, en diferentes intervalos.
- Posibilidad de intervención, en tiempo real para la optimización de la producción o control de fallas: roturas de tuberías y falla de válvulas inyectoras.
- Determinación de la temperatura dinámica del yacimiento con posible determinación de condiciones de flujo anómalo, por ejemplo, flujo cruzado.

Esta aplicación es sumamente importante para la optimización de la producción: el monitoreo de parámetros fundamentales, el diagnóstico oportuno y la posibilidad de intervención a tiempo reducen de manera importante los costos de las reparaciones.

Bombeo multifásico

El uso de nuevos sistemas de bombeo multifásico permite optimizar la producción a boca de pozo, en tierra o en el fondo marino mediante el manejo de la mezcla total y multifásica de hidrocarburos producidos, y proporciona energía adicional para transportarlos hasta las plantas de proceso (Figura 3.15).

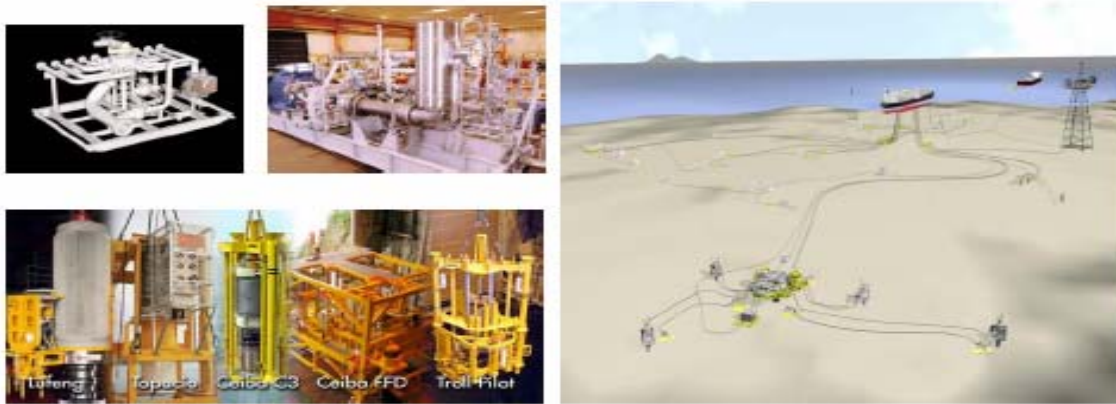


Fig. 3.15.- Aplicación del bombeo multifásico

Como principales e importantes ventajas de tales sistemas, utilizables con control automatizado y remoto, se puede mencionar que ayudan a:

- Reducir contrapresiones existentes e incrementar en forma proporcional la producción de los pozos.
- Eliminar la construcción de plantas satélites de separación, de compresión de gas o de quema de gas, con lo que se evita la pérdida de valor del hidrocarburo y se preserva el medio ambiente.
- Producir de campos marginales o lejanos, con ahorro de instalaciones adicionales; tales como, plantas satélites de procesamiento.
- Eliminar el reemplazo de oleoductos de mayor diámetro para aumentar la producción.

Su alta confiabilidad, excelentes prestaciones y la ventaja económica de tales sistemas se han demostrado en varias instalaciones en el ámbito mundial.

Bombeo electro-sumergible para pozos de crudo pesado

La aplicación de la nueva tecnología con bombas centrífugas electro-sumergibles (ESP), (Figura 3.16), para alta temperatura (hasta más de 210 °C) y monitoreo multifásico en línea, ha demostrado, a nivel mundial, ser un método exitoso para el desarrollo de campos de hidrocarburos bituminosos y crudos pesados. México ha sido pionero en el desarrollo de esta tecnología en la región marina, al probar reservas en pozos exploratorios de campos de crudo pesado.

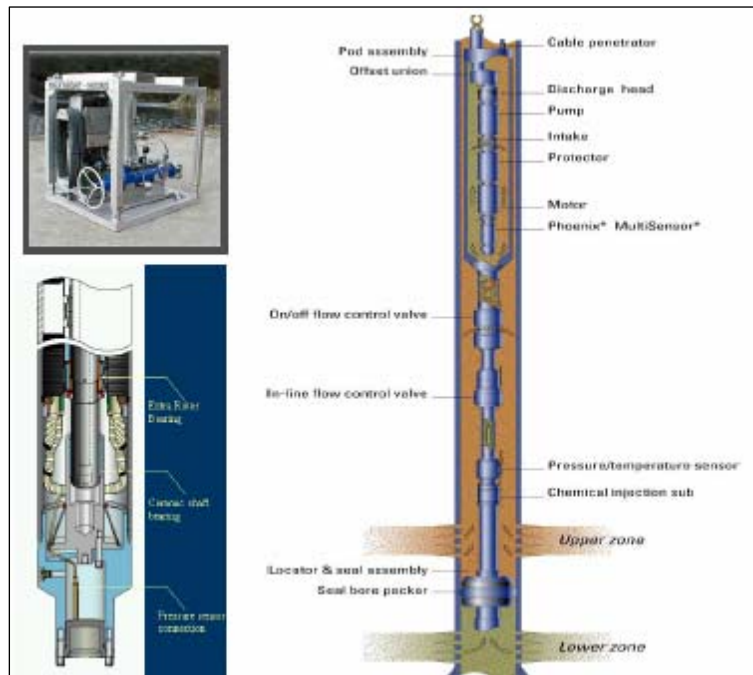


Fig. 3.16. Componentes del bombeo centrífugo electro-sumergible

En conjunto con técnicas de recuperación secundaria y terciaria, como la del drenaje por gravedad asistido con vapor *Steam Assisted Gravity Drainage*, SAGD, la aplicación de nuevas tecnologías en bombeo electro-sumergible ha revolucionado la explotación de yacimientos con producciones no factibles en el pasado, y ha incrementado sustancialmente los factores de recuperación.

Quemadores ecológicos

La nueva tecnología de quemadores ecológicos es fundamental para probar pozos marinos de gran capacidad, en forma segura y amigable para el medio ambiente y reducir los costos asociados con otros sistemas de prueba, como el almacenamiento en buque tanques. A fin de limitar la radiación de calor sobre los equipos de perforación o terminación, los quemadores se instalan sobre extensores para mantenerlos a distancia segura.

Entre las principales aplicaciones de esta tecnología se encuentran:

- Pruebas no contaminantes de pozos en tierra y en áreas marinas.
- Limpieza de pozos con eliminación de desechos.
- Eliminación de espuma durante trabajos de estimulación.

La nueva tecnología de quemadores ecológicos se basa en atomizadores que fraccionan el efluente en gotitas muy finas para un quemado más eficiente, llamas piloto operadas a control remoto y cabezales que se orientan de forma manual o neumática, en función de la dirección del viento. Los quemadores poseen un anillo de agua en cada cabeza de combustión que atomiza agua en la llama, para mejorar la combustión y reducir la radiación de calor (Figura 3.17).

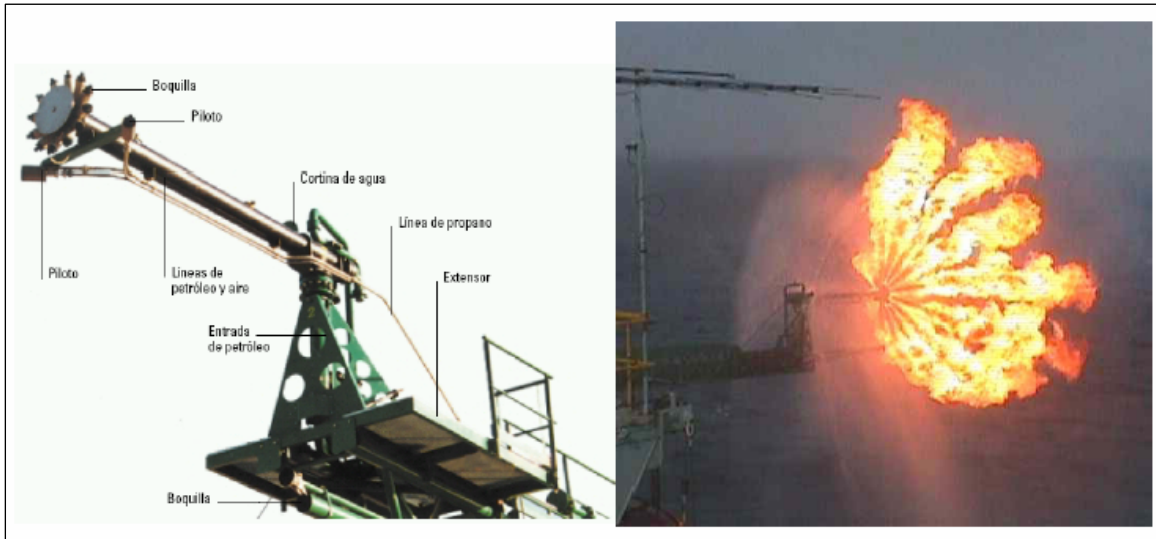


Fig. 3.17.- Quemadores ecológicos

Monitoreo, control y optimización de la producción

El monitoreo y control de la producción en tiempo real (Figura 3.18) es el punto de partida para la optimización de la producción, la cual se realiza a través de mejorar el potencial humano y emplear recursos tecnológicos disponibles, como:

- Aplicaciones tecnológicas en boca de pozo (medidores de presión, temperatura y flujos, válvulas automáticas y operables a control remoto).
- Redes de transmisión de datos e imágenes de pozo mediante sistemas de comunicación respaldada y de alta eficiencia.
- Fuentes de poder autónomas para asegurar el monitoreo y control en forma permanente: paneles solares.

- Sistemas “inteligentes” automáticos de alarmas para situaciones anómalas de producción o situaciones de emergencia.
- Centros de validación y almacenamiento de datos para procesado en estaciones de trabajo y *software* adecuado.
- Centros de ingeniería para determinar la capacidad de producción por pozo, con base en datos monitoreados y el estado actual de producción.
- Sistemas de operación con automatización más completa y programas de decisión automáticos para acciones básicas de optimización.
- Centros de optimización de producción con sistemas de cómputo, *software* y profesionales capacitados para el análisis y toma de decisiones, a fin de determinar los sistemas de operación más adecuados.

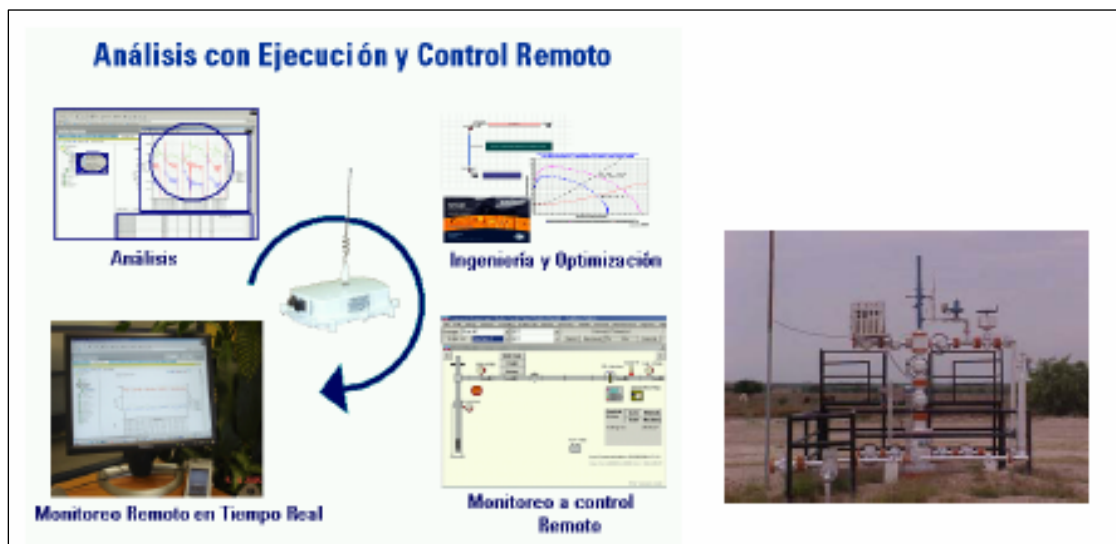


Fig. 3.18.- Elementos para el monitoreo y control de la producción en tiempo real

3.2 Entorno Nacional

Una vez descritas las tecnologías de punta utilizadas en el mundo, es necesario comparar éstas con el uso de tecnología de la Industria Nacional y definir las brechas tecnológicas existentes en sus áreas de exploración y explotación, considerando previamente el contexto actual por el que atraviesa la industria y el mercado petrolero nacional.

La industria petrolera en México, es uno de los principales generadores de fuentes de ingresos económicos. La industria mexicana de exploración y producción petrolera ocupa un lugar significativo entre los países productores del mundo, gracias a sus reservas y producción de crudo y gas.

Los recursos naturales nacionales, proporcionan reservas petroleras importantes que deben de ser aprovechadas ya que los costos de descubrimiento y desarrollo son relativamente bajos comparados con los de otros productores internacionales.

Por ejemplo la Industria Petroquímica se sitúa como la decimoquinta en importancia en el mundo entero, y este estado pelagra debido a la falta de nuevas inversiones lo cual conlleva a la falta de competitividad frente a las grandes industrias internacionales. Desde 1976, la industria petrolera mexicana ha participado crecientemente en el mercado internacional. Además de satisfacer la demanda interna de hidrocarburos y en un alto porcentaje la de energía primaria, es importante señalar que su aportación como generadora de divisas ha sido fundamental para el desarrollo de nuestro país.

Este capítulo contiene información acerca de una institución como es PEMEX en el cual se presenta la situación actual de la misma, y su proyección a futuro, para ver la importancia de su estructura organizacional tanto interna como externa, y su nivel de competencia.

Como ya se mencionó en la descripción de PEMEX en el capítulo 4, la economía nacional ha dado un giro gracias a que PEMEX, a través de sus alianzas con la industria, se ha posicionado como palanca del desarrollo nacional generando altos índices de empleo.

Visión y Objetivos de PEMEX

PEMEX, se ha convertido en una de las empresas estatales más competitivas del mundo, ya que opera en forma oportuna, moderna, transparente, eficiente y eficaz, con estándares de excelencia y honradez.

La economía nacional ha dado un giro gracias a que PEMEX, a través de sus alianzas con la industria, se ha posicionado como palanca del desarrollo nacional generando altos índices de empleo.

La tecnología de vanguardia le ha permitido aumentar sus reservas y reconfigurar su plataforma de exportación, vendiendo al exterior crudo de mayor calidad y valor, además de ser autosuficiente en gas natural. Abastece materias primas, productos y servicios de altísima calidad a precios competitivos.

Propósito de PEMEX

Maximizar el valor económico de los hidrocarburos y sus derivados, para contribuir al desarrollo sustentable del país.

Para su estudio se dividen en tres áreas:

- Exploración
- Explotación
- Comercialización.

3.2.1 En el área de Exploración

A partir de 2001, mediante la asignación de mayor presupuesto a las actividades exploratorias, la empresa ha obtenido resultados muy positivos, al incrementar progresivamente la exploración en áreas nuevas que ofrecen altas expectativas de volúmenes considerables de hidrocarburos, como las aguas profundas del Golfo de México.

Así lo prueba el inicio de la perforación de 101 pozos en los activos de exploración durante el 2004, cifra que superó el 100% lo realizado en el 2001. Además, se concluyó la perforación del pozo Nab, que significó el primer descubrimiento petrolero en aguas profundas del Golfo de México, el cual fue terminado en noviembre de 2004, en un tirante de 681 metros, como parte del proyecto Campeche Oriente, con una profundidad total perforada de 4 mil 50 metros, produjo inicialmente mil 200 barriles diarios de crudo.

Pozos Exploratorios

Con la terminación de 103 pozos, PEP superó 17%, 15 pozos más de los cuales; 42 resultaron productores y 45 improductivos. Por lo tanto, el éxito exploratorio del 2004 fue de 41 % mayor al estándar internacional, que es de 40%.

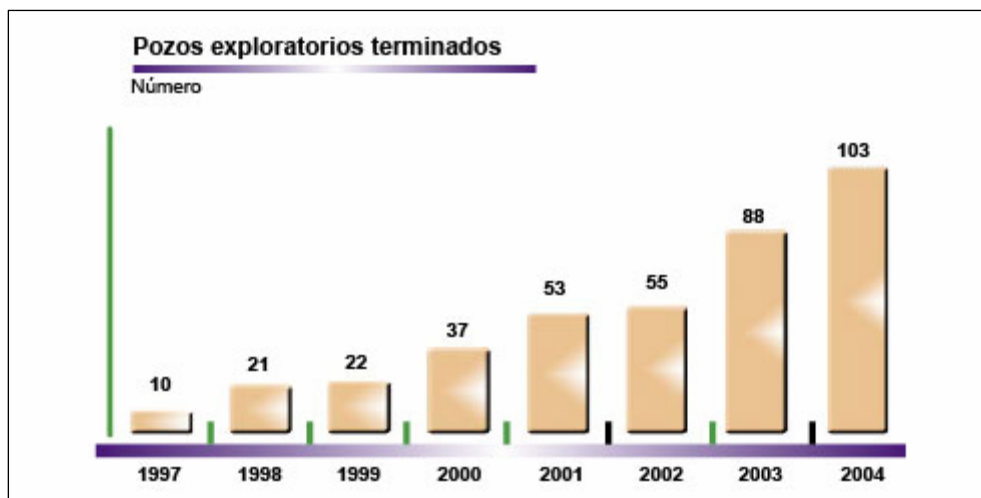


Fig.3.2.1.-Pozos exploratorios terminados

Localizaciones Exploratorias

En 2004 se generaron 231 localizaciones, 32 más que el año anterior, lo que significó un incremento del 16 % en relación con el 2003, al finalizar 2004, la cartera acumulada 559 localizaciones aprobadas, de las cuales 343 son de gas, 183 de crudo ligero y 33 de crudo pesado, que en comparación con las agrupadas en 2003 representan un incremento del 30%.

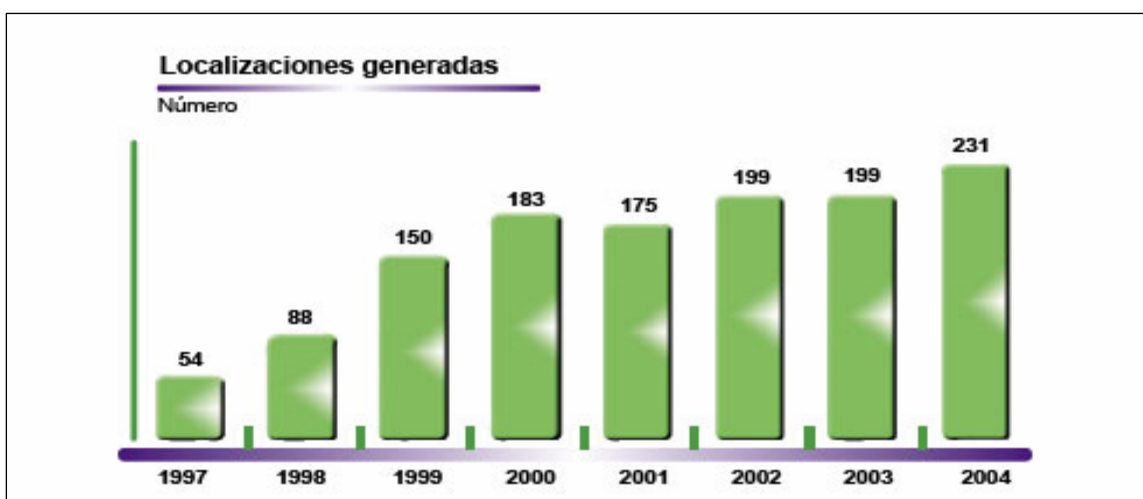


Fig.3.2.2.-Localizaciones generadas

Localizaciones aprobadas

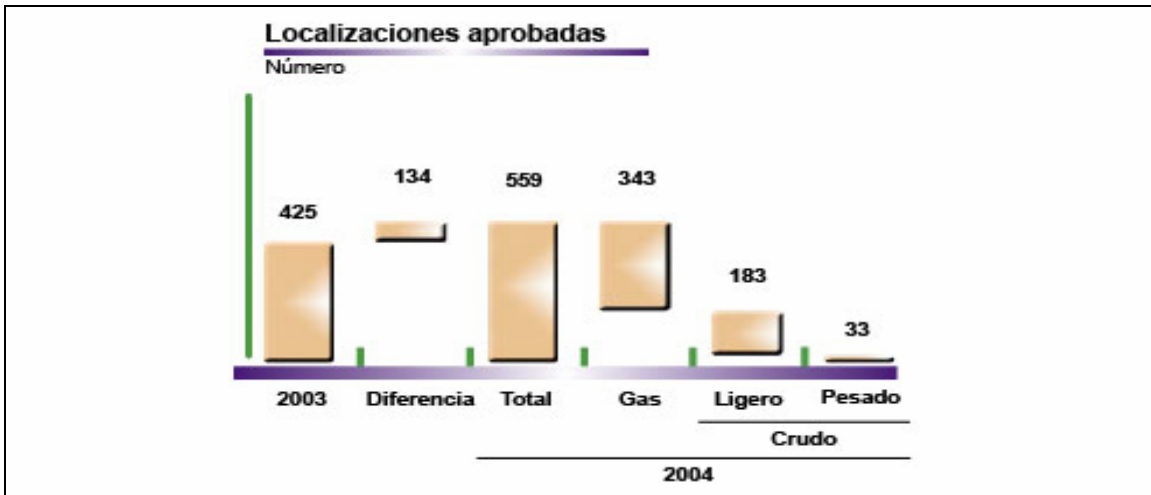


Fig.3.2.3.-Localizaciones aprobadas

Sismología

En sismología tridimensional se registró un avance de 26 mil 379 kilómetros cuadrados, que incluyó mil 290 kilómetros cuadrados para el desarrollo de campos, de estos últimos, 804 correspondieron a la Región Norte, 328 a la Región Sur y 158 a la Región Marina Noreste.

La sismología bidimensional tuvo un avance de 11 mil 688 kilómetros cantidad superior en 8 mil kilómetros respecto de lo realizado en 2003, que significó un incremento del 267%.⁴

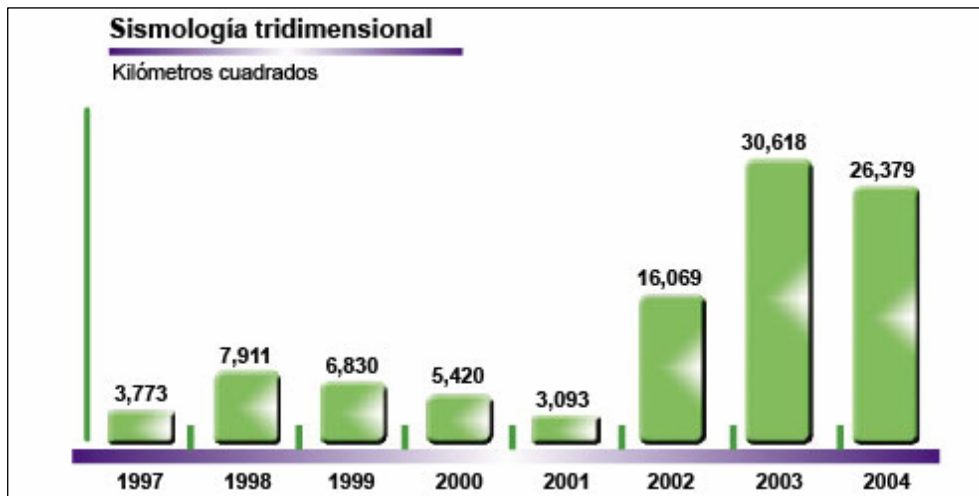


Fig.3.2.4.-Sismología Tridimensional

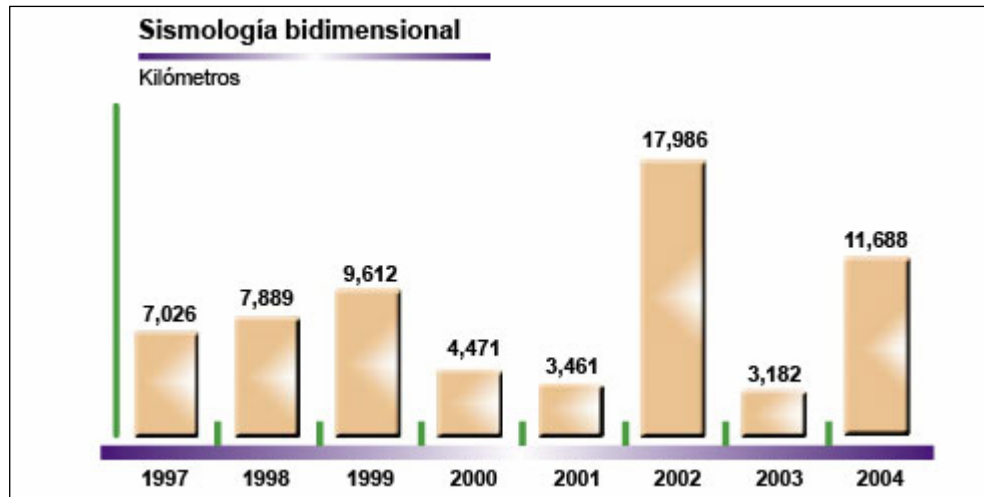


Fig.3.2.5.-Sismología bidimensional

Reservas de Hidrocarburos al 1 de Enero de 2005

A partir de 2002, la evaluación de reservas probadas al término de cada periodo anual de labores se realiza de acuerdo con las definiciones de la Securities and Exchange Comisión (SEC) de los Estados Unidos de América. En tanto, el cálculo de las reservas probables y posibles está basado en los lineamientos emitidos por la Society of Petroleum Engineers (SPE) y los comités de los World Petroleum Congresses (WPC).

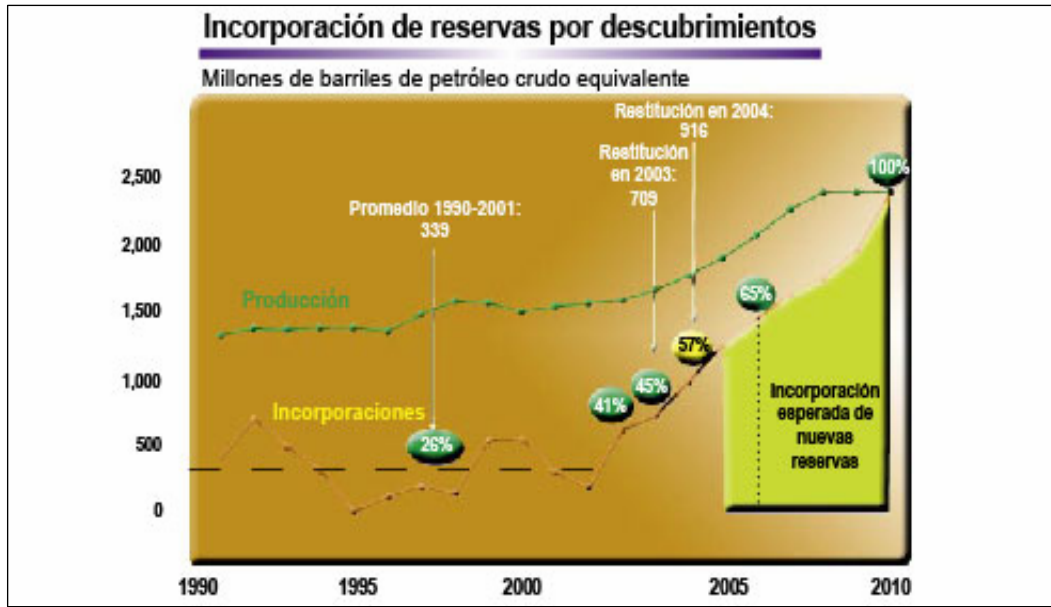


Fig.3.2.6.-Incorporación de reservas por descubrimientos

La estimación de reservas al 1 de enero de 2005 identificó un remanente de reservas totales 3P de 46 mil 914 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, de éstos 17 mil 650 millones son reservas probadas, 15 mil 836 millones probables y 13 mil 428 millones posibles, dichas cantidades representan el 38,34 y 28 %, del total reportado.



Fig.3.2.7.-Reservas de hidrocarburos

Descubrimientos y Reposición de Reservas

Los descubrimientos de nuevos yacimientos aportaron 916 millones de barriles de petróleo crudo equivalente a la reserva total 3P en 2004, cifra que significó un incremento del 324% respecto de lo registrado en 2001, y en los últimos cuatro años se descubrieron en total 113 campos.



Fig.3.2.8.-Reservas 3P incorporadas por nuevos descubrimientos

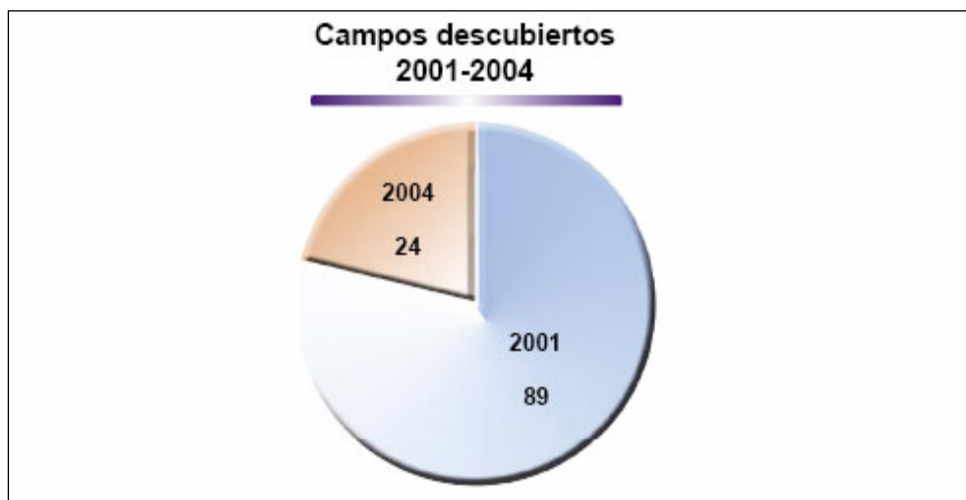


Fig.3.2.9.-Campos descubiertos



Fig.3.2.10.-Pozos Productores descubiertos

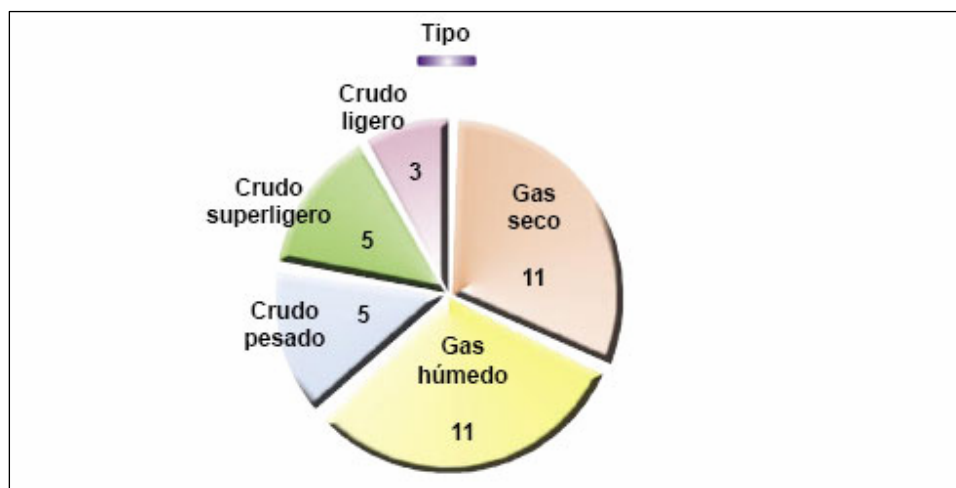


Fig.3.2.11.-Tipo de crudo

Aguas Profundas

En lo referente a la exploración y explotación de hidrocarburos en aguas profundas, el plan de negocios 2002 - 2010 de PEP establece como premisa principal la evaluación total del potencial petrolero del país; esto implica recabar información geológica para interpretar, caracterizar y estimar tanto el potencial como la cuantificación de la reserva base, además de implementar iniciativas innovadoras que garanticen la caracterización de los recursos prospectivos. La industria petrolera mundial ha identificado alrededor de 30 cuencas y 100 playas o prospectos de campos marinos en todo el orbe.⁴

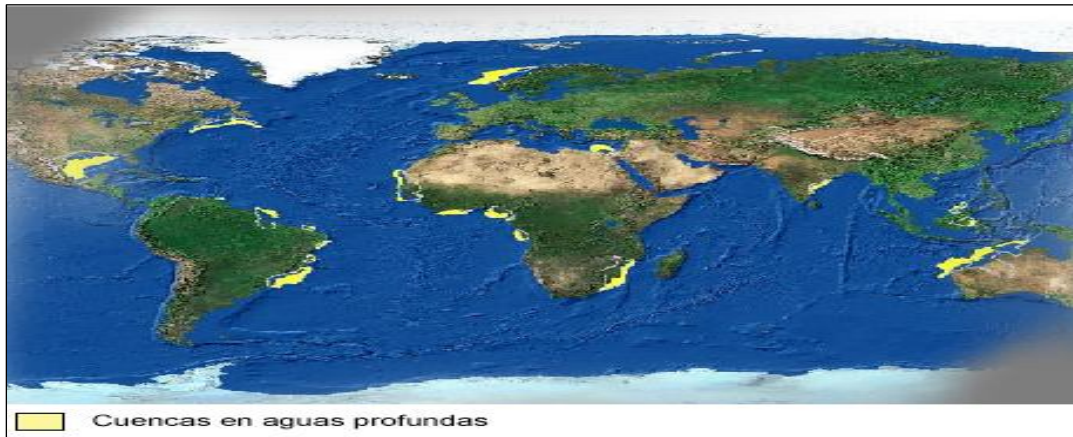


Fig.3.2.13.-Cuencas en aguas profundas

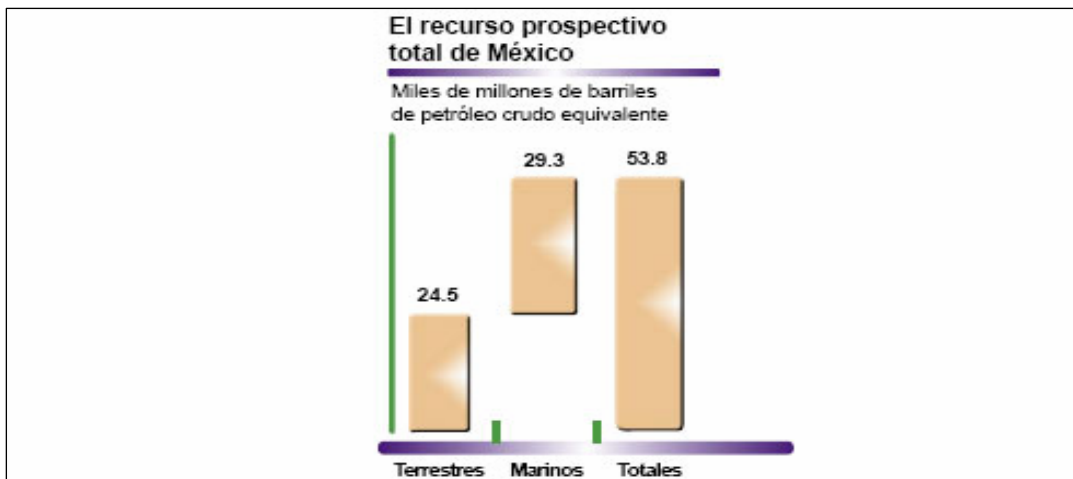


Fig.3.2.14.-El recurso prospectivo total de México

3.2.2 En el área de explotación

Producción de Crudo y Gas

De 2000 a 2004, las estrategias para reactivar las principales cuencas del país, los nuevos esquemas de financiamiento y ejecución de obras, lograron revertir la tendencia declinante en la producción de petróleo crudo, dichas acciones permitieron incrementar la producción total de crudo en 1 millón 407 mil

barriles diarios durante 2004, como tal aporte se alcanzó el máximo histórico de producción en el rubro aún promedio de 3 millones 383 mil barriles por día.

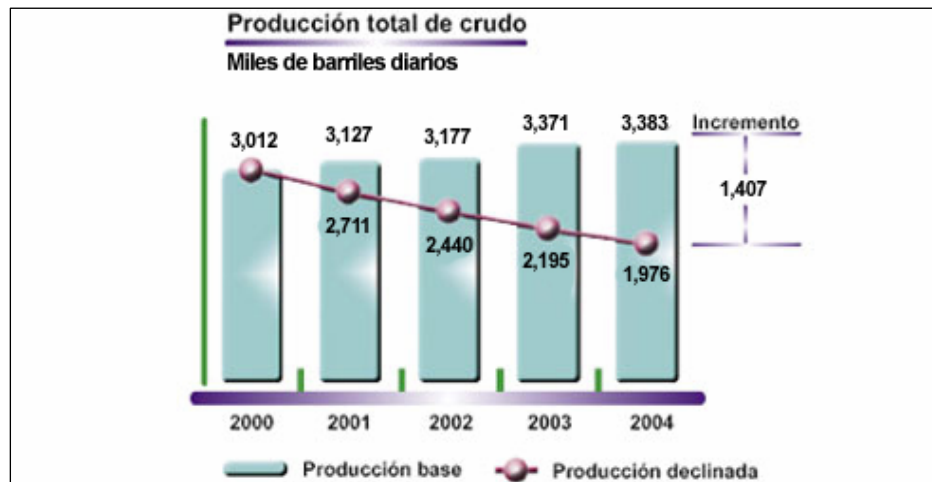


Fig.3.2.15.-Producción total de crudo

La producción de crudo pesado registró un promedio de 2 millones 458 mil barriles por día, los crudos ligeros resultó de 790 mil barriles diarios.

Por tipo de crudo, el volumen de aceite pesado significó el 73%, de la producción nacional, el ligero constituyó el 23%, con 790 mil barriles diarios, el crudo superligero representó el 4% con 135 mil barriles por día.

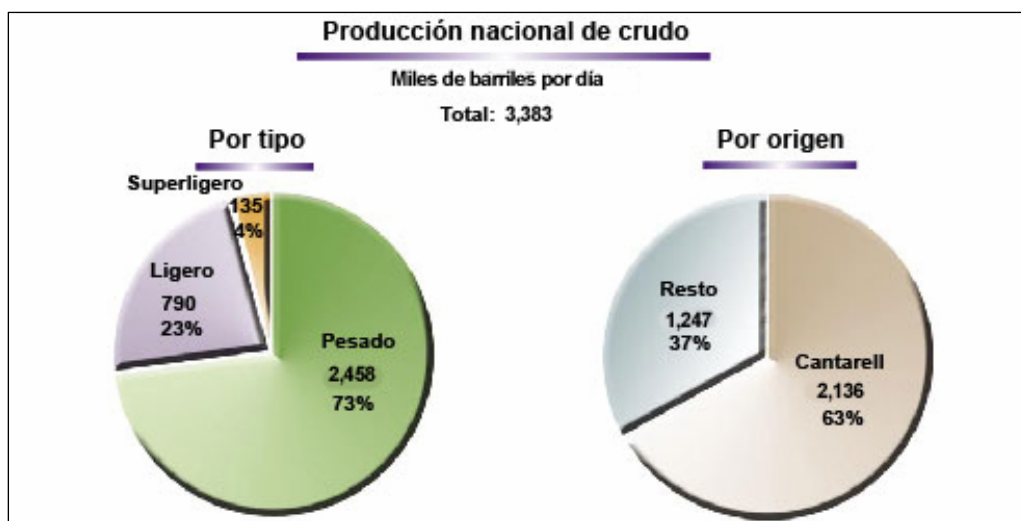


Fig.3.2.16.-Producción nacional de crudo

La producción de gas alcanzó un promedio de 4 mil 573 millones de pies cúbicos diarios.

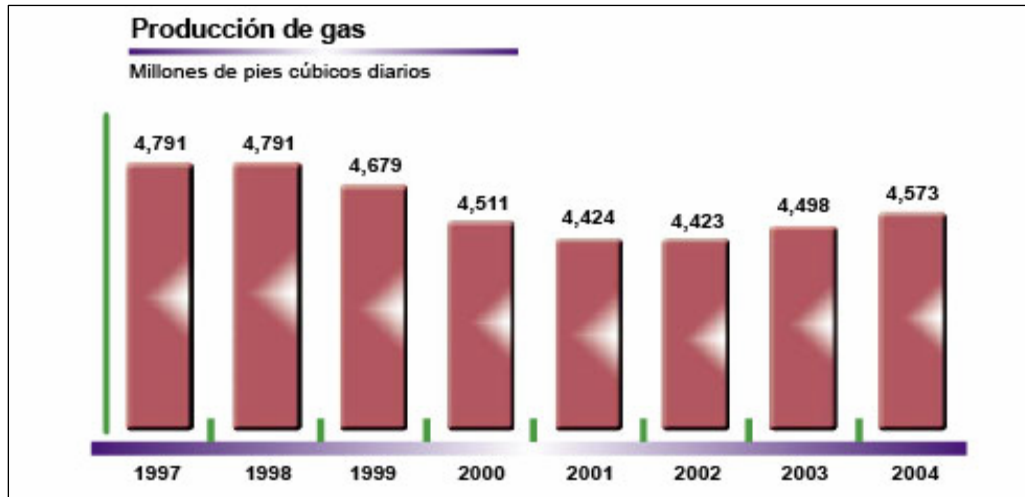


Fig.3.2.17.-Producción de gas

El gas asociado producido en 2004 registró un promedio de 3 mil 10 millones de pies cúbicos por día; la producción de gas no asociado ascendió a mil 563 millones de pies cúbicos diarios, 184 millones más que en 2003. La producción de gas asociado significó el 66%; el 34% restante fue de no asociado, con un promedio de mil 95 millones de pies cúbicos diarios, la producción del activo Burgos significó el 24% del total de gas natural y el 70% de gas no asociado.

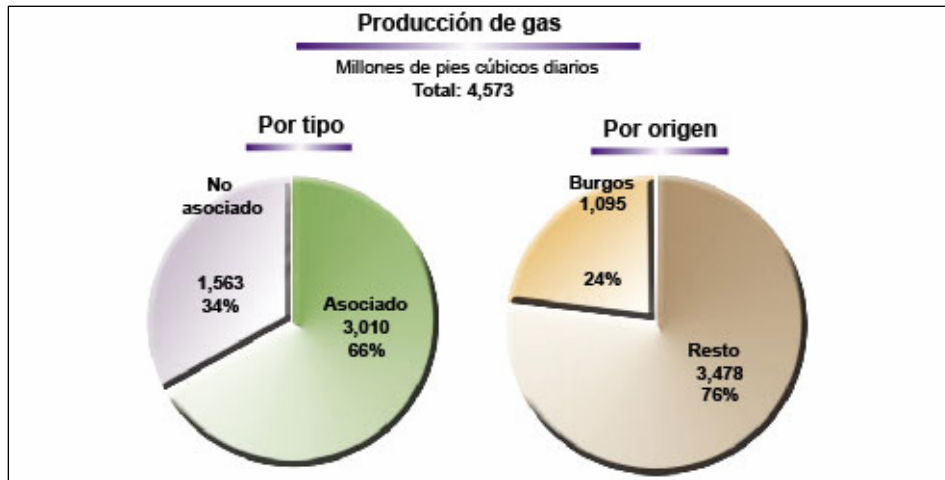


Fig.3.2.18.-Producción de gas

Pozos de Desarrollo

Durante 2004 se inició la perforación de 639 pozos de desarrollo, y se terminaron 624, cifra superior en 19 respecto de 2003.



Fig.3.2.19.-Pozos de desarrollo terminados

De los 624 pozos terminados, 168 resultaron productores de aceite y gas no asociado, siete de gas y condensado, 210 de gas húmedo y 196 de gas seco. Así, el porcentaje de éxito fue de 95%, mayor al 91% registrado en el 2003.

Mantenimiento de Pozos

A fin de contrarrestar la declinación natural de los campos petroleros, PEP efectuó mil 698 intervenciones a pozos, 180 más que las realizadas en 2003, del total de intervenciones, 163 fueron estimulaciones, 504 reparaciones mayores y mil 31 menores.

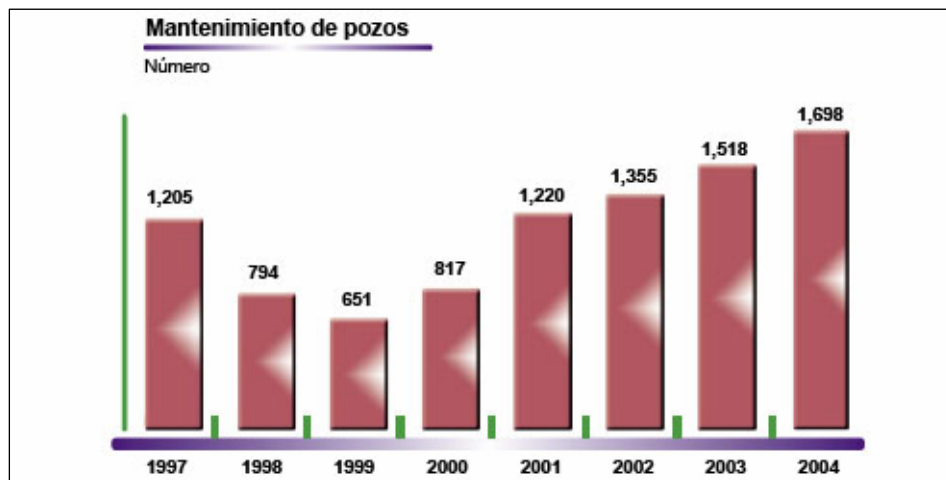


Fig.3.2.21.-Mantenimiento de pozos

3.2.3 En el área de Comercialización

La distribución total de crudo en 2004 promedio 3 millones 363 mil barriles diarios, su consumo interno representó el 44 % del volumen total distribuido, con un millón 489 mil barriles por día; el 56 % restante-1 millón 874 mil barriles- se envió a terminales de exportación.

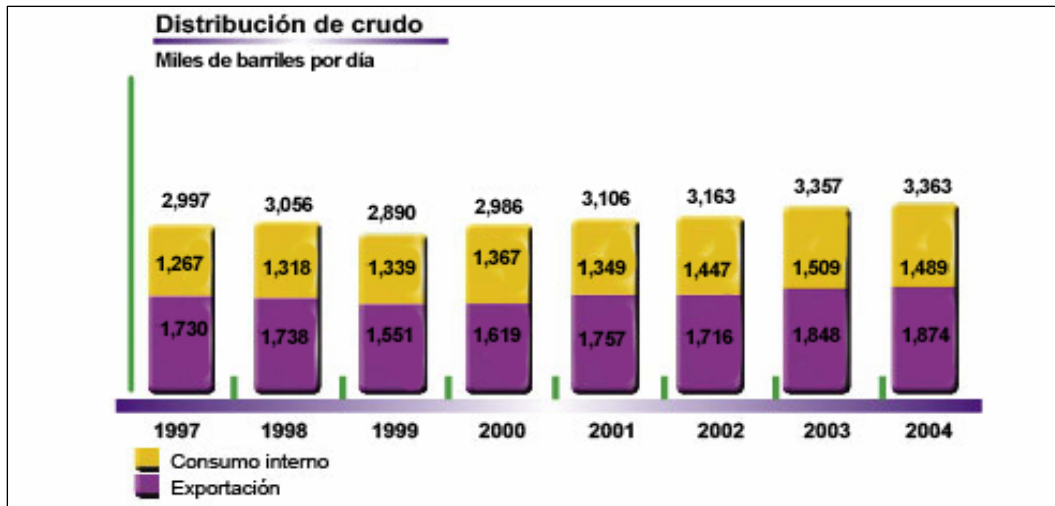


Fig.3.2.23.-Distribución de crudo

El total distribuido a PEMEX Refinación alcanzó 1 millón 392 mil barriles diarios, este volumen se constituyó por 758 mil barriles de crudo ligero, 630 mil de pesado y 3 mil de superligero y a maquila se enviaron 97 mil barriles por día. Con 1 millón 874 mil barriles por día, el suministro de crudo destinado a PMI Comercio Internacional se incrementó en 26 mil barriles diarios respecto del año anterior, de la cantidad de petróleo distribuida diariamente en la terminales de exportación, 1 millón 625 mil barriles fueron de crudo pesado, 221 mil de superligero y 28 mil de ligero.

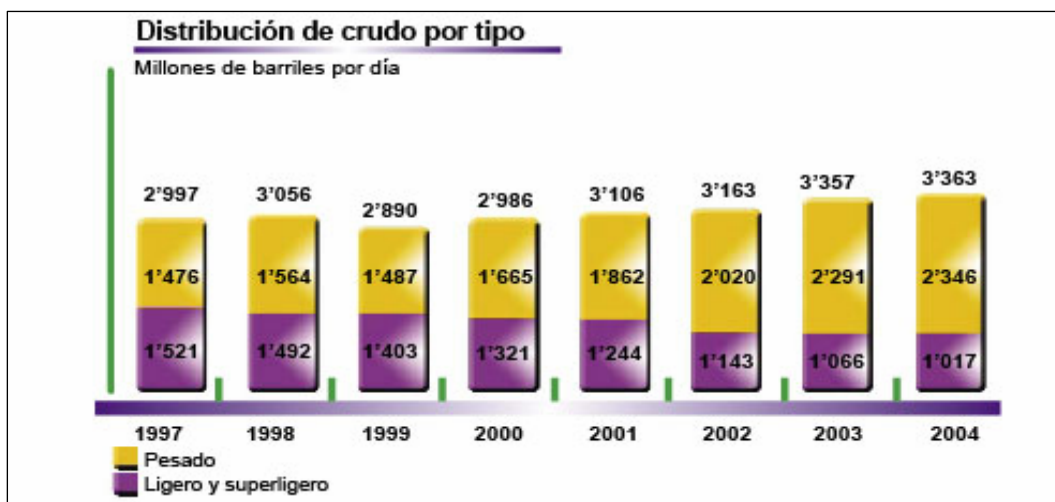


Fig.3.2.24.-Distribución de crudo por tipo



Fig.3.2.25.-Distribución de crudo 2004

Distribución de Gas

PEP distribuyó un total de 4 mil 776 millones de pies cúbicos diarios de gas en 2004, volumen superior en 186 millones al registrado en 2003, se enviaron 4 mil 775 millones de pies cúbicos por día a PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 190 millones más que el año anterior, adicionalmente, la empresa destinó 1 millón de pies cúbicos de gas a PEMEX Refinación.

El volumen de gas enviado a la atmósfera se redujo en 101 millones de pies cúbicos diarios menos en comparación con 2003; con ello el índice de aprovechamiento del gas ascendió a 97% ,lo que significó un incremento de 3 puntos porcentuales respecto del 94% registrado el año anterior, y el volumen de condensados entregado a plantas de proceso en 2004, constituyó un record histórico en las estadísticas de Petróleos Mexicanos, con un promedio de 101 mil barriles diarios, 12 mil más que los distribuidos en 2003.

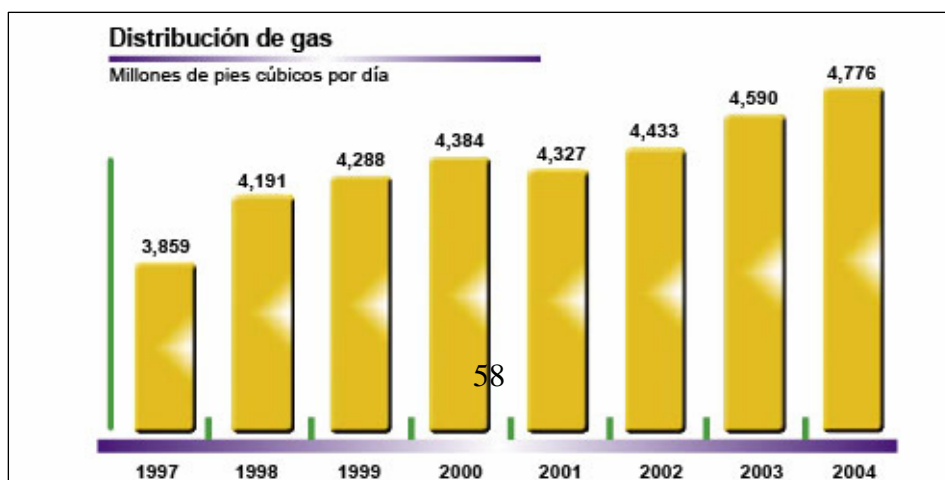


Fig.3.2.26.-Distribución de gas

Precios de Hidrocarburos

En 2004 el precio promedio de crudos de exportación se ubicó en 30.96 dólares por barril, 6.25 dólares por arriba de su cotización en 2003, el crudo tipo Maya fue valuado en 29.76 dólares por barril, el Istmo en 38.33 dólares y el Olmeca en 39.34 dólares. La cotización promedio del crudo exportado continente americano ascendió 31.36 dólares por barril; en los casos de Europa y el Lejano Oriente, la valuación alcanzó los 28.40 y 27.76 dólares.



Fig.3.2.27.-Estadística del precio promedio mensual de la mezcla de exportación

El precio promedio del gas natural durante 2004 ascendió a 5.83 dólares por millón de BTU, en el mes de diciembre obtuvo su valuación más alta, al situarse en 7.44 dólares.

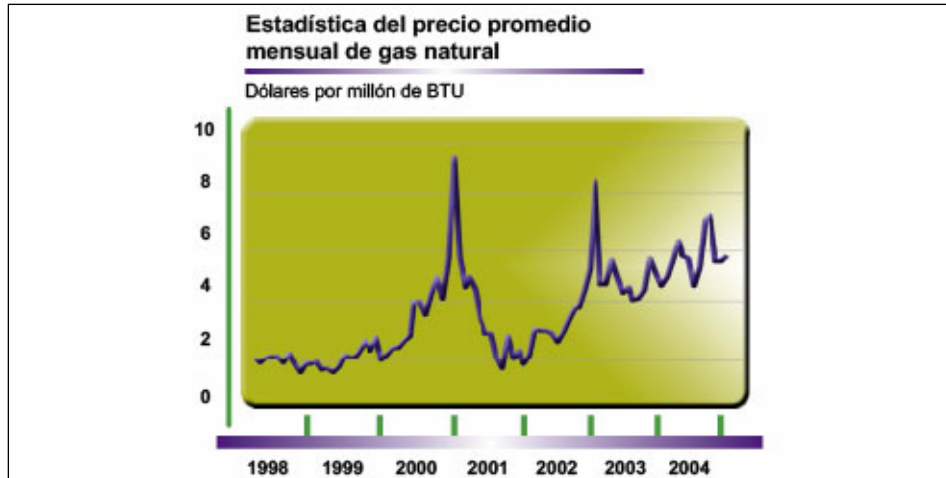


Fig.3.2.28.-Estadística del precio promedio mensual de gas natural

3.3 Entorno Mundial

Habiendo planteado la situación actual de la industria y el mercado interno de petróleo en México, presentamos a continuación el posicionamiento de PEMEX en el mercado internacional.

Similitudes y diferencias de PEMEX con otras empresas petroleras.

Las empresas petroleras nacionales presentan algunas similitudes y diferencias con respecto a los grupos petroleros privados. Las compañías nacionales de petróleo, como PEMEX, se distinguen de las privadas, en mayor o menor grado, dependiendo del caso particular, por las características siguientes:

- Tienen obligación de satisfacer el mercado interno.
- Dependen del tamaño del mercado interno.
- Su valor radica, en buena medida, en el monto de sus reservas.
- Influye en ellas también el grado en que el país necesita de la renta económica del petróleo y de la aportación fiscal de cada empresa y
- Enfrentan limitantes derivadas del marco jurídico en que operan.

Saudi Aramco, la empresa estatal de Arabia, controla las mayores reservas del mundo, su caso es especial, porque frecuentemente actúa como válvula de control, procurando mantener la estabilidad de los precios del crudo de acuerdo a sus propios intereses y, por otro, evitar la sustitución del petróleo por otras fuentes energéticas. Es el gigante de la industria, por el monto de sus reservas y producción de crudo y por su incidencia en el mercado mundial.

Para buscar las similitudes entre las empresas estatales y las privadas hay que acudir a comparar algunos rubros. Estos se reducen fundamentalmente a montos de inversión, indicadores de operación y, en ciertos casos, a las utilidades.

De acuerdo con información de 2000 - publicada a fines de 2004 -, en valor de los activos, dentro de las compañías mundiales, la primera es Exxon/Mobil, la segunda Royal Dutch/Shell y la tercera BP/Amoco. Los activos de PEMEX la colocan en un noveno lugar, con valor de casi la tercera parte respecto a los de Exxon/Mobil.

En disposición directa de reservas probadas de crudo, en cambio, Exxon/Mobil ocupa el lugar número 12, con acceso a menos de la mitad de las de PEMEX, que ocupa un séptimo lugar. Royal Dutch/Shell y BP/Amoco se encuentran incluso por debajo de Exxon/Mobil.

En cambio, en ventas, Exxon/Mobil mantiene su supremacía. Las ventas de PEMEX son un poco más de una quinta parte de las de Exxon/Mobil. Dentro de las nacionales, destacan las que tienen acceso a mayores yacimientos, como Saudi Aramco, cuyas reservas probadas de crudo superan en por lo menos diez veces a las de nuestro país. En el continente americano, PDVSA, de Venezuela, tiene más del doble que México en crudo y casi cinco veces en gas. Sin embargo, las comparaciones internacionales sobre reservas deben tomarse con cautela, por las diferencias existentes en los métodos de estimación y certificación de las mismas.

3.3.1 Posicionamiento Mundial de PEMEX

México por su poca capacidad de inversión en materia de restitución de reservas se ha rezagado al lugar catorce en reservas de petróleo crudo a nivel mundial.

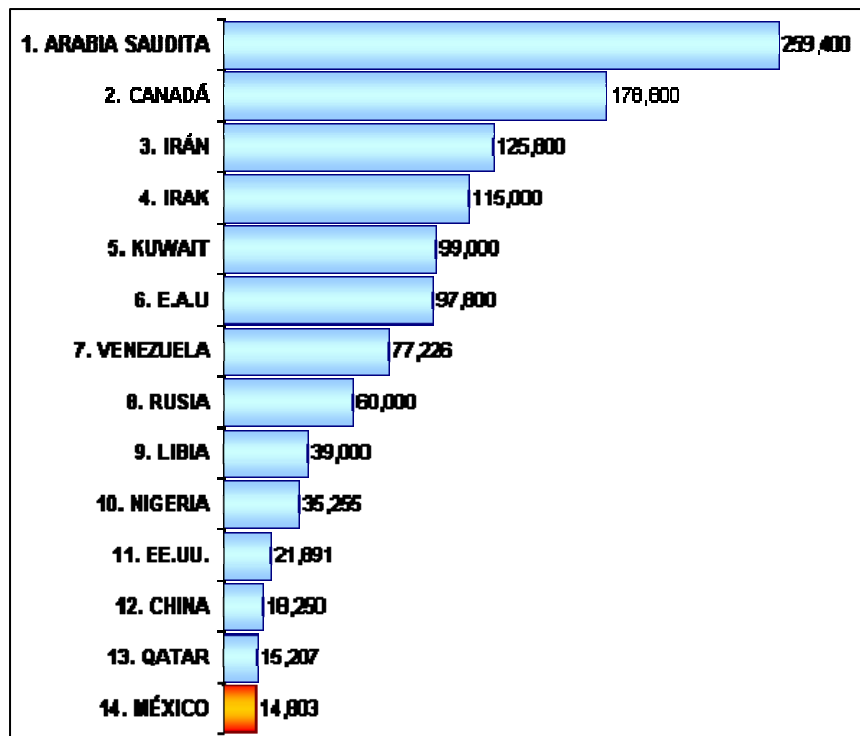


Fig. 3.3.1- Reservas de petróleo crudo por país

En el área de producción de petróleo crudo y gas natural, PEMEX ha mantenido un lugar privilegiado desde su aparición en los mercados internacionales a partir de la nacionalización de su industria petrolera. En la producción de petróleo crudo, ocupa el sexto lugar, mientras que en la producción de gas natural, ocupa la posición número diez.

| Mayores Productores de aceite del mundo, 2004* | | |
|--|-------------------------------|---|
| Miembros de la OPEP en <i>itálicas</i> | | |
| | PAÍS | Producción total de aceite ** (millones de barriles por día) |
| 1) | <i>Arabia Saudita</i> | 10.37 |
| 2) | Rusia | 9.27 |
| 3) | Estados Unidos | 8.69 |
| 4) | <i>Irán</i> | 4.09 |
| 5) | México | 3.83 |
| 6) | China | 3.62 |
| 7) | Noruega | 3.18 |
| 8) | Canada | 3.14 |
| 9) | <i>Venezuela</i> | 2.86 |
| 10) | <i>Emiratos Árabes Unidos</i> | 2.76 |
| 11) | <i>Kuwait</i> | 2.51 |
| 12) | <i>Nigeria</i> | 2.51 |
| 13) | Reino Unido | 2.08 |
| 13) | Irak | 2.03 |
| *Incluye la producción total de todos los países que excedieron más de dos millones de barriles diarios | | |
| ** La producción total de aceite incluye aceite crudo, gas natural, líquidos, condensados y otros líquidos | | |

Tabla 3.3.2.- Países productores mayores de petróleo crudo en el mundo

En el área de Exportación a los principales países a los que Petróleos Mexicanos les vende el hidrocarburo son: Estados Unidos, España, Antillas Holandesas, India, Convenio de San José, Canadá, Portugal, Gran Bretaña, Japón, Israel, Holanda y Sudáfrica.



Ahora bien, de la producción nacional de aceite lograda durante 2004, 1,870 mbd, es decir el 48.9 por ciento, fueron destinados a exportación. Con Estados Unidos se comercializó el 78.52 por ciento del volumen mencionado, en tanto que el 9.52 por ciento tuvo a Europa como destino, el 8.46 por ciento a otros países de América, 1.95 por ciento al Lejano Oriente y el restante 1.55% para dar cumplimiento del Pacto de San José.

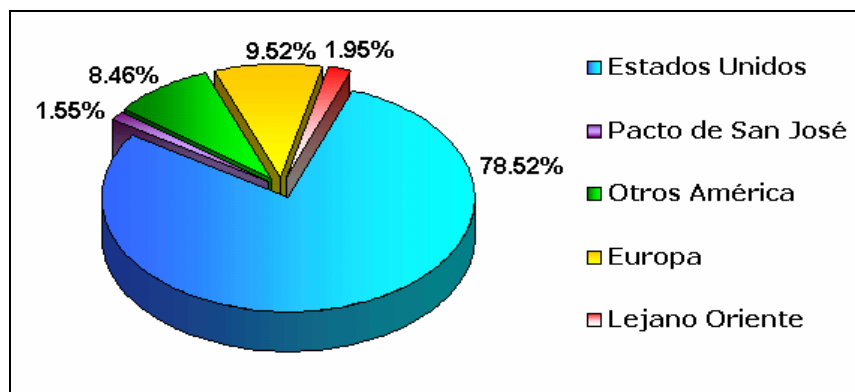
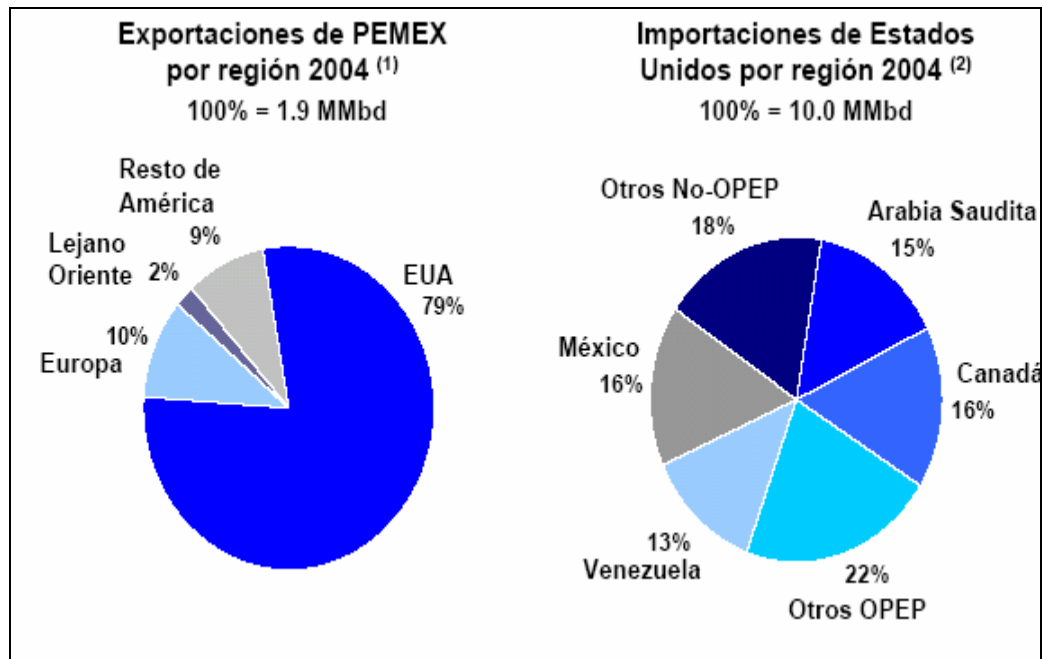


Fig.3.3.3.- Volúmenes de exportación por destino del crudo Mexicano

PEMEX es uno de los principales proveedores de crudo de los Estados Unidos, junto con Canadá y Arabia Saudita. Las exportaciones de México a su vecino país del norte representan casi el 80% de su producción de crudo, como se muestra en la fig. 3.3.4.



(1) Fuente: PEMEX

(2) Fuente: Energy Information Administration (EIA)

Fig. 3.3.4.-Estadística de proveedor de crudo.

Cabe señalar que el 86.7 por ciento de las exportaciones fueron de crudo tipo Maya, el 11.84 por ciento de Olmeca, en tanto que el 1.46 por ciento del tipo Istmo. El precio promedio de exportación de éstos durante el año de referencia fue de 24.2, 29.4 y 28.4 dólares por barril, respectivamente.

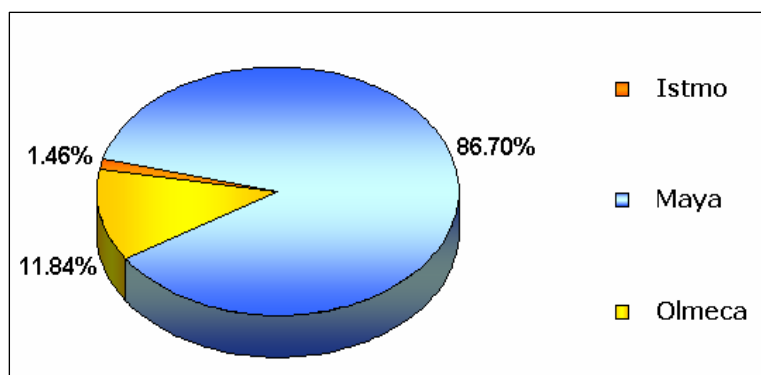


Fig. 3.3.5.- Volúmenes de exportación por tipo de crudo

3.3.2 Brechas y Diagnóstico de la tecnología en México

Una vez visto el posicionamiento de PEMEX a nivel mundial y recapitulando sobre los diagnósticos de las tecnologías en exploración y producción petrolera, se puede deducir que existe un cúmulo de tecnologías en uso en PEP cuyo nivel está por debajo de los líderes mundiales, y otro grupo que presenta un nivel comparable a esos líderes internacionales. En el primer grupo de tecnologías en donde PEP se encuentra a la zaga respecto al ámbito internacional, son los siguientes:

- Técnicas y métodos de estratigrafía de secuencias
- Sedimentología y diagénesis
- Técnicas y métodos de bioestratigrafía
- Modelado geoquímica 1D,2D Y 3D
- Modelado cinemática y estructural (incluyendo análisis de facturación)
- Caracterización de sistemas petroleros
- Técnicas de interpretación sísmica 1D,2D y 3D
- Procesado Sísmico e migración en tiempo y en profundidad

- Procesado especial para imágenes subsalinas
- Técnicas de sísmica multicomponente y de sísmica 4D
- Tecnologías de métodos potenciales (gravimetría y magnetometría)
- Tecnologías y métodos de exploración, perforación y producción en aguas profundas.

Es importante señalar que la amplitud de la brecha tecnológica en estas áreas tecnológicas es muy variable, y su evaluación y dimensionamiento requiere análisis y estudios detallados y cuidadosos en cada área operativa, tanto de exploración como de producción.

Por otra parte, en el grupo de tecnologías de alto nivel en la industria petrolera mexicana, y el cual es comparable con el de los líderes mundiales, se pueden mencionar los siguientes:

- Técnicas y métodos de análisis geoquímicas de rocas
- Modelado estructural y geológico
- Técnicas de adquisición sísmica 2D y 3D (con participación mayoritaria de compañías de servicio)
- Técnicas de procesado sísmico 2D y 3D general
- Selección e integración de equipos tecnológicos y herramientas de procesado sísmico convencional
- Procesamiento e interpretación de registros de pozos.

La distinción y caracterización de ambos grupos de tecnologías es fundamental, puesto que hace posible definir algunas estrategias tecnológicas respecto a la gestión y adquisición de ciencia y tecnología por parte de la industria petrolera nacional (PEP e IMP).

En el caso de tecnologías de primer grupo, es necesario:

- Crear políticas de transferencia tecnológica para la asimilación y la adaptación tecnológica y, en algunos casos, la concertación de acciones dirigidas a la investigación aplicada y al desarrollo tecnológico.
- Instrumentar nuevos mecanismos y métodos más adecuados para cubrir las brechas existentes y llevar la transferencia tecnológica al interior de la estructura productiva de la industria petrolera.

Capítulo 4

PRINCIPALES COMPAÑÍAS PETROLERAS

El mercado internacional de la industria de los hidrocarburos, desempeña un papel clave en los proveedores, catalogados como simples prestadores de servicios o de tecnologías y productos, y se consideran parte de la cadena de valor de una empresa, por esto resulta indispensable la colaboración de empresas nacionales e internacionales con la entidad paraestatal, que en conjunto forman uno de los pilares de la economía mexicana, entre mayor obra pública, servicios y bienes consuma PEMEX, mayor será el incremento de plazas laborales, de competitividad, de desarrollo tecnológico, de producción y de investigación, fortaleciendo así la seguridad nacional.

Una buena administración de la tecnología constituye una de las herramientas más poderosas, para que las empresas modernas incrementen su competitividad.

A continuación se mencionan sólo algunas de las empresas representativas que hoy en día tienen una decidida participación en el sector de hidrocarburos, sin embargo ésta es sólo una primera parte de muchas que vendrán en el futuro.

- Compañías operadoras:
Exxon Mobile, Chevron Texaco, Shell, British Petroleum, Total, Elf

- Compañías de servicios :
Schlumberger, Halliburton, BJ, Pride International

- Compañías de ingeniería:
Intec, SBM Imodco, Cooper Cameron

Principales Compañías Petroleras

| Lugar | Empresa | País | Reservas | | Producción | | Refinación | |
|-------|----------------|-----------------------|----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | | | Crudo | Gas | Crudo | Gas | Ventas | Capacidad |
| 1 | Saudi Aramco | Arabia Saudita | 1 | 4 | 1 | 7 | 7 | 8 |
| 2 | Exxon Mobil | EUA | 12 | 14 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | NIOC | Irán | 2 | 2 | 2 | 6 | 10 | 14 |
| 4 | PDVSA | Venezuela | 5 | 6 | 5 | 12 | 8 | 4 |
| 5 | BP | Reino Unido | 17 | 15 | 9 | 4 | 3 | 3 |
| 6 | RD Shell | Holanda y Reino Unido | 21 | 17 | 6 | 3 | 2 | 2 |
| 7 | Chevron Texaco | EUA | 19 | 22 | 11 | 9 | 4 | 9 |
| 8 | Total | Francia | 20 | 21 | 14 | 8 | 6 | 6 |
| 9 | PEMEX | México | 9 | 28 | 3 | 15 | 12 | 13 |
| 10 | Petrochina | China | 14 | 18 | 10 | 20 | 11 | 12 |

Fig.4.1.-Principales Compañías Petroleras

A continuación se presenta una gráfica que nos muestra el posicionamiento de PEMEX con otras compañías, debido a su costo de extracción.

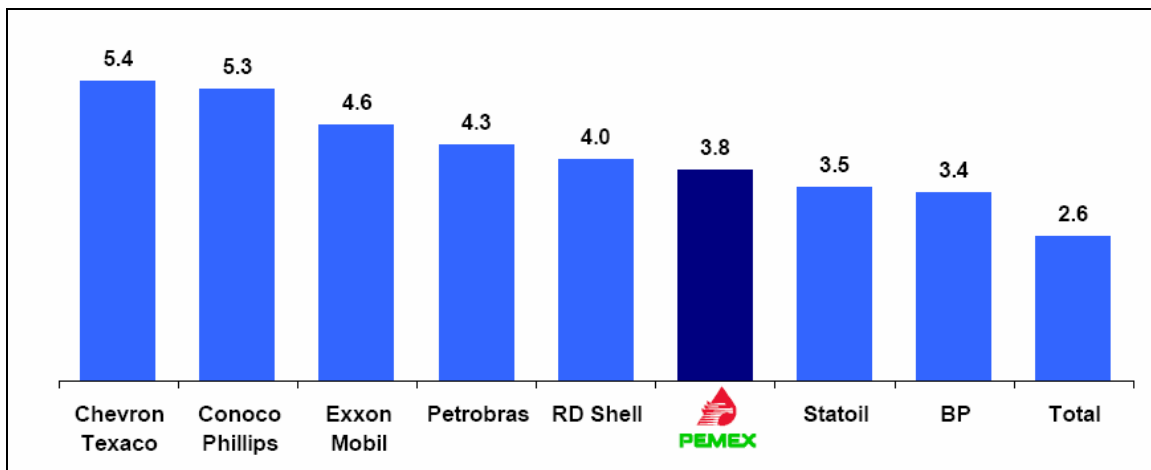


Fig.4.2.-Costo de extracción

4.1 COMPAÑÍAS OPERADORAS

4.1.1 EXXON/MOBIL

Es el líder de industria en cada uno de sus negocios y tiene un arsenal incomparable de tecnologías propias dirigidas al aumento de la productividad de sus activos y empleados. La compañía dirige negocios en casi 200 países y territorios alrededor del mundo.

La comisión de ExxonMobil's con el desarrollo y el uso de las tecnologías en la industria, conducen a buenas oportunidades de descubrir, de producir y refinar los recursos del aceite y gas.

Se dedica a explorar en el mundo nuevas fuentes de aceite y de gas, invirtiendo \$600 millones en la industria que esto conduce cada año en la investigación, desarrollo, y empleo de 20.000 ingenieros y científicos. Y tienen un excedente en la última década, concedido más de 10.000 patentes de Estados Unidos.

4.1.2 PEMEX

En una de las empresas estatales más competitivas del mundo, la tecnología de vanguardia le ha permitido aumentar sus reservas y reconfigurar su plataforma de exportación, vendiendo al exterior crudo de mayor calidad y valor, además de ser autosuficiente en gas natural. Abastece materias primas, productos y servicios de altísima calidad a precios competitivos. Cuenta con una industria petroquímica moderna y en crecimiento.

Es una empresa limpia y segura, comprometida con el medio ambiente, su alta rentabilidad y su agobiante régimen fiscal le han permitido seguir siendo un importante contribuyente al erario público, cuyos recursos se utilizan en beneficio del país. Su propósito es el de maximizar el valor económico de los hidrocarburos y sus derivados, para contribuir al desarrollo sustentable del país.

Opera por conducto de un corporativo y cuatro organismos subsidiarios: Petróleos Mexicanos.

- PEMEX Exploración y Producción
- PEMEX Refinación
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica
- PEMEX Petroquímica

Petróleos Mexicanos

Es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.

PEMEX Exploración y Producción

Tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.

PEMEX Refinación

Produce, distribuye y comercializa combustibles y demás productos petrolíferos.

PEMEX Gas y Petroquímica Básica

Procesa el gas natural y los líquidos del gas natural; distribuye y comercializa gas natural y gas LP; y produce y comercializa productos petroquímicos básicos.

PEMEX Petroquímica

A través de sus siete empresas filiales (Petroquímica Camargo, Petroquímica Cangrejera, Petroquímica Cosoleacaque, Petroquímica Escolín, Petroquímica Morelos, Petroquímica Pajaritos y Petroquímica Tula) elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios.

P.M.I. Comercio Internacional

Realiza las actividades de comercio exterior de Petróleos Mexicanos.

También cuenta con sus centros industriales:

- Refinerías
- Complejos procesadores de gas
- Centros Petroquímicos

4.1.3 PETROBRAS

Es una compañía poseedora de una de las tecnologías de punta mundiales para la producción de petróleo en aguas profundas y ultraprofundas, fue premiada dos veces en 1992 y 2001, por la [Offshore Technology Conference](#) (OTC), con el premio más importante para sector, posee tecnología de vanguardia pozos perforados horizontalmente, robótica submarina, producción de petróleo en aguas ultraprofundas.

A final de los años 80, Petrobras se encontraba delante del desafío de producir petróleo en aguas abajo de los 500 metros, hecho no conseguido hasta entonces por alguna compañía del mundo.

La compañía decidió desarrollar en Brasil la tecnología necesaria para producir en aguas hasta mil metros, y el éxito fue total; en menos de una década después, Petrobras dispone de tecnología comprobada para la producción de petróleo en aguas muy profundas.

Además de la capacitación brasileña en la producción de petróleo en aguas profundas y ultraprofundas, el Centro de Investigaciones de Petrobras ha enfrentado otros desafíos durante la década, entre ellos se citan: el aumento de recuperación del petróleo de los yacimientos, el desarrollo de nuevas tecnologías y la formulación de nuevos productos y aditivos que garanticen la creciente exigencia de la sociedad brasileña por combustibles y lubricantes de mejor calidad.

La empresa busca el crecimiento en el mercado brasileño de petróleo y derivados, con el mayor retorno posible a sus accionistas, preparándose para convertirse en una corporación internacional de energía, líder en América Latina.

4.1.4 BRITISH PETROLEUM (BP)

Es una compañía líder y exitosa en los descubrimientos de petróleo en el Medio Oriente y en otras partes del mundo, incluyendo Alaska y el Mar del Norte.

En 1988 adquirió Britoil, en ese entonces la mayor empresa independiente en el Reino Unido. En 1990 la empresa vendió algunos activos de exploración y producción a Oryx y otras compañías. Durante 1991 vendió su participación en operaciones de exploración y producción en Holanda y Francia, y en actividades de refinación y comercialización en Suecia e Irlanda.

Su objetivo de la empresa es el de incrementar la rentabilidad de su producción, buscando petróleo y gas a bajo costo, para renovar su base de activos, y establecer un portafolio de producción creciente, ya que éste es un elemento clave en la estrategia de la compañía.

4.1.5 Total

Total es una compañía multinacional de energía, dedicada a la innovación y a la iniciativa del desarrollo para proporcionar una respuesta a las necesidades energéticas del mundo, está conformada por 111, 401 empleados y operaciones en más de 130 países.

Total es la cuarta compañía más grande de aceite y gas en el mundo, cubre la cadena entera del aceite y del gas, del petróleo crudo y de la exploración y de la producción del gas natural al gas, la generación de energía, el transporte, la refinación, la comercialización del petróleo.

Es también fabricante de los productos químicos de la mejor clase en el mundo.

4.2 COMPAÑÍAS DE SERVICIOS

4.2.1 SCHLUMBERGER

Es una de las empresas más importantes en la industria petrolera mundial, su especialidad es proveer distintos servicios a los campos de producción, entre los que incluyen: desarrollos tecnológicos, gestión de proyectos y soluciones informáticas. Su planta laboral está compuesta por 45 mil personas de 140 países y tienen operaciones en 100 de éstos.

Para entender sus negocios, la empresa está organizada en Schlumberger Oilfield Services, su objeto es apoyar a la industria petrolera en tierra firme o costa afuera, para ello cuenta con múltiples servicios en áreas de perforación, sistemas de extracción y producción ya sea crudo o gas, con respecto a este último energético, también dispone de una línea de soluciones específicas en área de frontera como es la de hidratos de metano.

Western Geco, su otra división, se considera una de las más importantes empresas de búsqueda y exploración de yacimientos por métodos sísmicos en esta área ha desarrollado tecnologías propias para el análisis de datos, entre ellos figura el sistema Q-Technology empleado en el golfo de México.

4.2.2 HALLIBURTON

Esta empresa cuenta con productos y servicios integrales que atienden a toda la cadena de valor de la industria del petróleo, incluido el gas; ofrece servicios que van desde la exploración y perforación, hasta la operación mantenimiento y refinación. Inició labores en 1919 y actualmente emplea a 100 mil personas y operan en 120 naciones.

Sus áreas de negocio las divide, básicamente en cuatro segmentos que son: evaluación de proyectos y perforación, fluidos optimización de la producción y otros servicios relacionados con la energía, en cada una de estas unidades de negocio Halliburton cuenta con productos y servicios que reditúan en beneficio de los consumidores de energéticos, asimismo la empresa dispone de una amplia gama de equipos con tecnología propia para las actividades de perforación, bombas de compresión, entre otros.

Cuenta con una flota de 23 embarcaciones multipropósito y más de 100 vehículos dirigidos por control remoto y también presta servicios en áreas como colocación de plataformas y ductos, inspección reparación y mantenimiento bajo el agua.

En el negocio del gas, cuenta con Kellogg Brown & Root especialista en diseño y construcción de plantas de gas licuado, ya sea en tierra firme o costa afuera, además de la construcción de oleoductos, asimismo cuenta con servicios de consultoría en temas relacionados con este energético.

4.2.3 BJ SERVICES

Bayron Services Company, entró en operación en 1879, su innovación ha sido clave de éxito de la empresa, así lo demuestra el haber ganado cuatro veces el Special Meritorius Award for Engineering Innovation, MEAs, el último fue obtenido en el 2003.

La empresa se divide en cinco áreas de negocio, una es la de servicios de bombeo, la cual es dirigida a áreas como la simulación de comportamientos de flujo y control de pozos; otra área es la de procesamiento de oleoductos que brinda soluciones en construcción y sistemas de procesamiento, limpieza y pruebas de ductos, entre otros; otra área se encarga de proveer productos químicos para la industria petrolera como son los inhibidores de corrosión y el área de servicios de terminación, la cual alberga aguas profundas, control de arenas, sistemas de filtración, entre otros.

4.2.4 PRIDE INTERNATIONAL

Es una empresa líder la cual tiene como negocio, la perforación en tierra y costa fuera, actualmente cuenta con 13 mil empleados de 50 nacionalidades y tienen operaciones en 30 países. Cuenta con una amplia gama de equipos de perforación.

Entre las regiones donde se desarrolla su negocio se encuentran África, en donde tienen en operación dos barcos perforadores especializados en aguas ultra profundas, tres sistemas de aguas profundas semisumergibles y dos plataformas autoelevables, entre otros.

En Sudamérica se encuentran trabajando tres sistemas de aguas profundas del tipo dinámico semisumergible, dos plataformas autoelevables y equipos similares. En México, y a fin de optimizar su colaboración con Petróleos Mexicanos, instaló su primer centro de operaciones en Ciudad del Carmen, Campeche, sin embargo realiza trabajos para la paraestatal desde 1997 que iniciaron con el arranque de su plataforma autoelevable Pride Oklahoma, y para el 2002 ya habían colocado 12 equipos de perforación.

Hoy su flota en el país se compone de 19 unidades de perforación, de ellos 14 son de tipo Jack Up, tres son equipos aligerados y dos semisumergibles.

4.3 COMPAÑÍAS DE INGENIERÍA

4.3.1 SBM-IMODCO

Es un líder mundial en el diseño, fabricación de los sistemas del almacenamiento. El objetivo de la compañía es el de proveer a la industria petrolera los servicios de producción y operación costa afuera de alta calidad con la opción de compra, venta y alquiler de sus equipos, nace en 1958 como IMODCO y fue adquirido por IHC CALAND en 1990, SBM-IMODCO, INC, permanece en la vanguardia de la tecnología de soldadura.

La compañía ha sido instrumento para iniciar y perfeccionar la sola amarradura del punto (SPM) como el método más seguro y más de confianza de la amarradura costa afuera para los petroleros de alta mar convencionales de todos los tamaños y continúa introduciendo tecnología de vanguardia combinando un acercamiento activo con compañías de energía, aplicando su experiencia y sus conocimientos técnicos.

4.3.2 INTEC

Es una compañía que proporciona servicios de la ingeniería a los sectores de exploración, producción, y transporte de la industria de la energía, sus áreas técnicas incluyen tuberías, los terminales marinas, producción submarina y producción flotante, que le permiten desempeñar un papel dominante en el desarrollo de las reservas costa afuera del petróleo y del gas.

INTEC ha establecido una reputación excelente, ha diseñado tuberías y sistemas de producción submarinos en aguas profundas, en localizaciones como el Mar Negro, el océano ártico, el golfo de México, África del oeste costa afuera, y el mar de China del sur.

Cuando la industria consideraba un tirante de agua de 600 pies (180 m), INTEC ya desarrollaba tecnologías para 3.000 pies (900 m). Hoy 7.000 pies (2.100 m) progresos de la profundidad no son suficientes para INTEC, y 10.000 pies (3.000 m) serán la frontera siguiente.

Un factor dominante en el éxito de su organización es la difusión confiable de la información con el desarrollo y el mantenimiento de bases de datos y de un buen sistema de comunicación interno.

4.3.3 COOPER CAMERON

Es una compañía fabricante de equipo del control de presión y proporciona los servicios del mercado de accesorios para pozos terrestres y costa fuera a nivel mundial, y de operaciones tanto en perforación y producción de pozos de gas.

Su estructura orgánica se conforma de:

- Cameron offshore systems; la cual proporciona servicios de gerencia en el diseño de proyectos para la terminación de pozos costa fuera.
- Petreco; proporciona todos los servicios en el área de producción de pozos terrestres y costa fuera.
- Cooper cameron valves; proporciona servicios de tubería y válvulas, tanto para pozos terrestres, como costa fuera.

Capítulo 5

INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL

Una vez describiendo los servicios de las compañías más competitivas, tenemos que mencionar que la industria petrolera Mexicana no sólo se conforma de Petróleos Mexicanos sino que, está conformada por:

- Petróleos Mexicanos,
- Centros académicos,
- Institutos de investigación y desarrollo de tecnología,
- Empresas y proveedores nacionales, y participación de compañías internacionales de servicios, ya mencionadas en el capítulo 4.

La industria petrolera Mexicana está enmarcada en un mundo que se transforma rápida y sorprendentemente, dentro de una economía globalizada y con enormes retos.

La producción de hidrocarburos depende de múltiples desarrollos científicos y tecnológicos, lo que incrementa la interdependencia entre las naciones, y en gran medida, la colaboración que se logra en investigación y desarrollo; por lo que es de gran importancia mencionar la situación actual de los centros académicos, así como de los institutos de investigación y desarrollo de tecnología, con que cuenta la industria petrolera Mexicana.

A continuación se describe los planes de estudios, infraestructura, plantilla docente, matrícula y ofertas de trabajo para los egresados de las instituciones, tales como:

- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

- El Instituto Politécnico Nacional (IPN),
- El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

5.1 Universidad Nacional Autónoma de México⁵

Actualmente la UNAM ofrece programas de licenciatura en ingeniería petrolera, y de maestría y doctorado en ingeniería petrolera y gas natural, con opciones en yacimientos, perforación y producción.

El plan vigente de estudios de licenciatura data de 2005 y está integrado por 15 asignaturas de ciencias básicas, 13 asignaturas de ciencias de la ingeniería, 11 de ingeniería aplicada, 7 de ciencias sociales y humanísticas, y 5 más selectivas, para un total de 51 asignaturas y 423 créditos. La duración de los estudios es de nueve semestres. En este plan de estudios se consideran las tres disciplinas principales de la ingeniería petrolera: yacimientos, perforación y producción.

Para impartir las asignaturas que integran el programa de la carrera de ingeniero petrolero, la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la UNAM cuenta con 5 profesores de carrera, 3 profesores de asignatura definitivos y 40 profesores de asignatura interinos, lo que resulta en una plantilla docente de 48 profesores.

Los recursos con que cuenta la Facultad de Ingeniería para la carrera de ingeniero petrolero provienen del presupuesto universitario, de ingresos por la realización de proyectos, de la sociedad de ex-alumnos, de empresas del sector y de la Fundación UNAM. La matrícula de estudiantes de licenciatura, en el año 2005, es de 450 alumnos.

En los programas de maestría y doctorado la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra ofrece un total de 45 cursos; para dirigir tesis cuenta con 7 tutores en doctorado y 10 en maestría, además de la colaboración de tutores externos. Actualmente la matrícula es de 56 alumnos en maestría: 34 en la generación 2004, y 22 en la 2005; en tanto que en el doctorado hay 4 alumnos inscritos.

También tiene varios laboratorios que sustentan sus programas académicos de la carrera de ingeniería petrolera: fluidos de perforación, cementaciones, rocas fracturadas, química y mineralogía, los cuales están altamente equipados para cumplir con su función. Los dos primeros están en proceso de certificación. De igual manera hay laboratorios de cómputo en donde está instalado el *software* de uso estándar en la industria, que ha sido donado por compañías de servicios y cuyo valor comercial asciende aproximadamente a 3 millones de dólares.

Las principales fuentes de empleo para egresados de la UNAM son Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo, la Comisión Federal de Electricidad, la Comisión Nacional del Agua, y empresas prestadoras de servicios. Los alumnos egresados encuentran cabida principalmente en las áreas de yacimientos, perforación y producción.

Plan de estudios de licenciatura

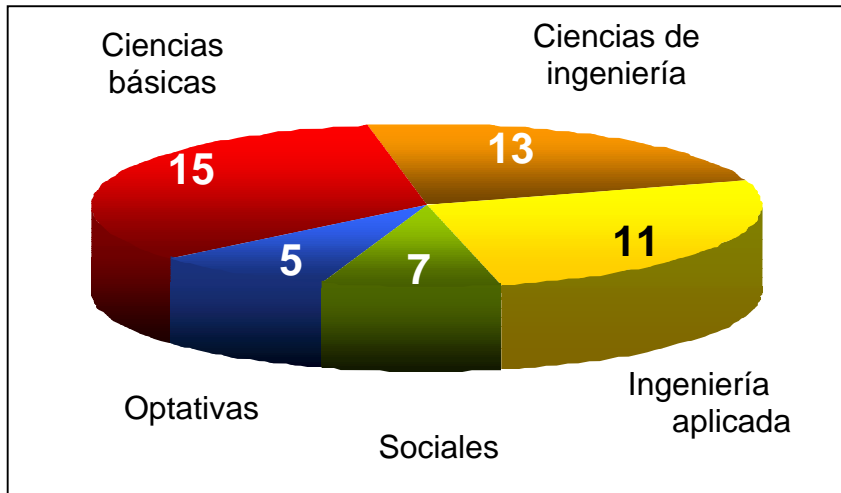


Fig.5.1. Plan de estudios de licenciatura

Profesorado

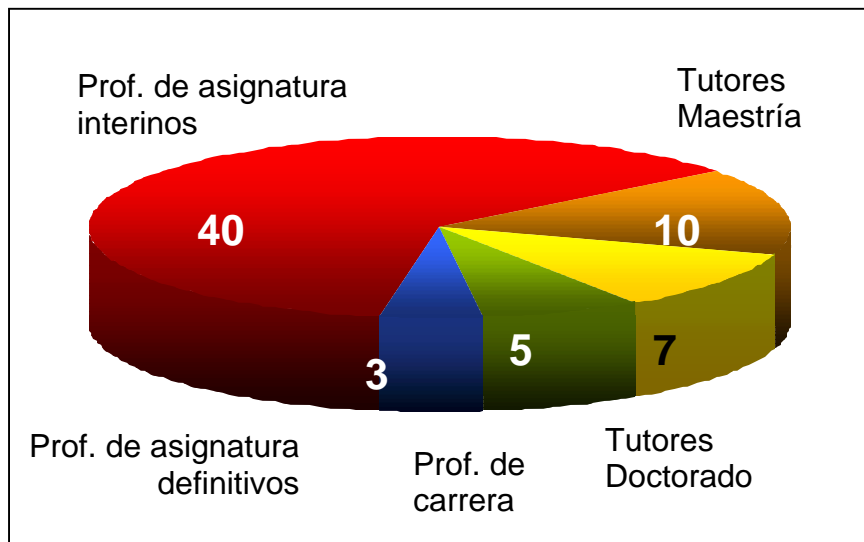


Fig.5.2. Plan de estudios de postgrado

5.2 Instituto Politécnico Nacional⁶

El IPN ofrece los programas de licenciatura en ingeniería petrolera y de maestría en administración, planeación y economía de los hidrocarburos.

El plan de estudios vigente de la licenciatura en ingeniería petrolera data de 1994, y está integrado por 65 asignaturas de las cuales 37 son formativas, 23 básicas, 3 humanísticas y 2 selectivas, lo que genera en total 480 créditos. Estos créditos se cursan, regularmente, en nueve semestres. El plan de estudios está estructurado alrededor de las tres disciplinas básicas de la ingeniería petrolera: yacimientos, perforación y producción. La ingeniería de yacimientos realiza estudios para evaluar la reserva y proponer estrategias de explotación; la ingeniería de perforación se encarga de la construcción del pozo; y la ingeniería de producción es la encargada de separar y transportar los hidrocarburos.

La plantilla del programa de licenciatura es de 31 profesores: 20 profesores de asignatura definitivos y 11 de asignatura interinos.

En la ESIA-IPN los gastos de operación y mantenimiento de la carrera de ingeniero petrolero son aproximadamente 15 millones de pesos por año, lo que representa 42% del presupuesto de la ESIA Unidad Ticomán.

La matrícula es de 512 alumnos para el año escolar 2005, y en los últimos años se han titulado, en promedio, 83 alumnos por año. En lo que respecta a la infraestructura de laboratorios, se reconoce que para elevar la calidad de la enseñanza es necesario mejorar el equipamiento de los laboratorios actuales. Asimismo es indispensable adquirir estaciones de cómputo y *software* actualizado.

Las principales fuentes de empleo para egresados de la ESIA-IPN son Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo, la Comisión Federal de Electricidad, la Comisión Nacional del Agua, y empresas prestadoras de servicios. Se considera a la ingeniería de perforación como la principal fortaleza de sus egresados.

Plan de estudios en licenciatura

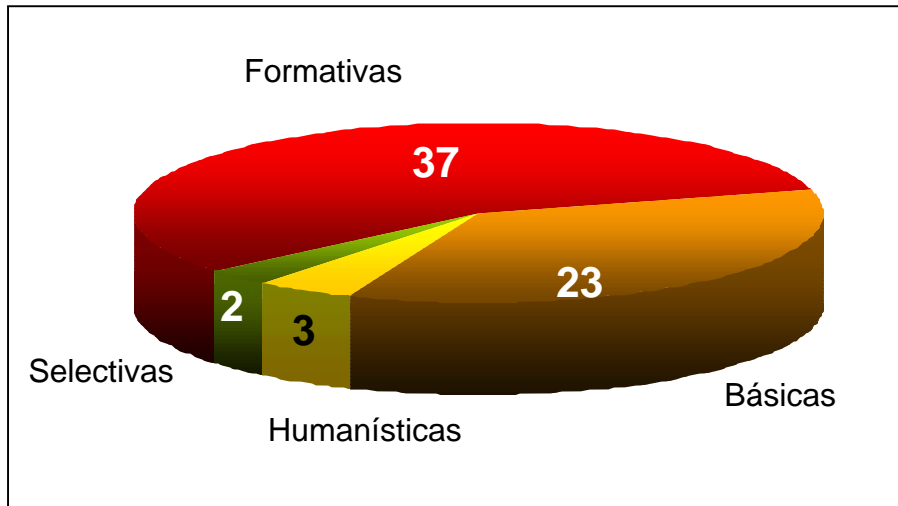


Fig.5.3.-Plan de estudios de licenciatura

Profesorado

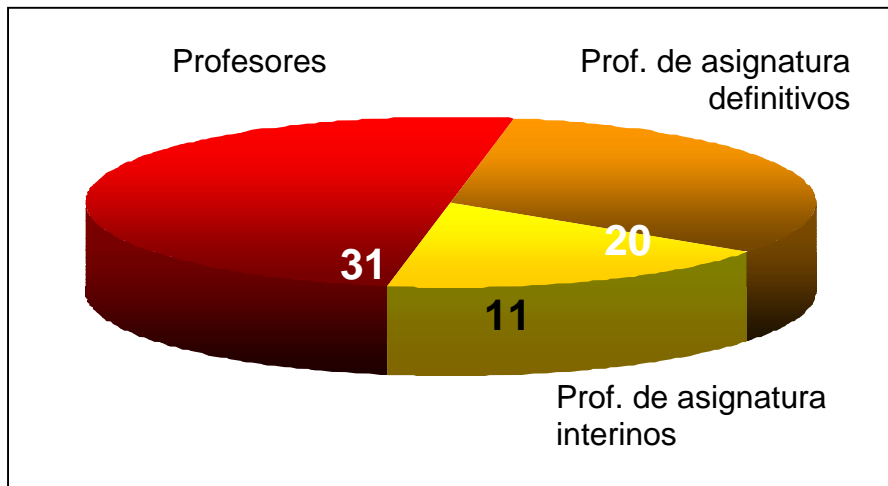


Fig.5.4.-Profesorado

5.3 Instituto Mexicano del Petróleo⁷

El Instituto Mexicano del Petróleo ofrece estudios de posgrado y otorga diplomas de especialidad y grados académicos de maestría y doctorado.

La Ley de Ciencia y Tecnología, publicada en el Diario Oficial el 4 de junio de 2002, otorga esta facultad a los centros públicos de investigación.

El programa inició en septiembre del 2004 y se ofrecen los siguientes grados: diploma de especialidad en ciencias, diploma de especialidad en ingeniería, maestro en ciencias, maestro en ingeniería, doctor en ciencias y doctor en ingeniería.

En relación con la ingeniería petrolera se ofrece el programa de “Explotación de hidrocarburos”; en él, los estudiantes podrán adquirir conocimientos y desarrollarán habilidades en ingeniería de perforación, producción y yacimientos.

La enseñanza será reforzada con la participación de los estudiantes en proyectos de investigación, de aplicación industrial y de innovación de productos, con el propósito de resolver problemas actuales de la explotación de hidrocarburos.

El IMP ofrece 19 cursos relacionados con el área de explotación de hidrocarburos y cuenta con plantilla docente, tutores, laboratorios, e infraestructura de cómputo adecuada y suficiente para sustentar las actividades del programa.

Capítulo 6

PROPUESTA DE DESARROLLO ESTRATÉGICO PARA MÉXICO

6.1 Situación actual del desarrollo de la tecnología

En los últimos años uno de los factores que han impulsado el crecimiento de la economía mundial es la expansión del comercio internacional y la incesante incorporación de desarrollos tecnológicos.

En la producción de bienes y servicios, la acertada identificación de tecnología, así como la detección de sus fuentes, las actividades de investigación y desarrollo, su asimilación y la eficaz transparencia de ésta, contribuyen para que las empresas modernas alcancen elevados desempeños en materia de competitividad.

Como ya se mencionó en el capítulo 3, existe una brecha tecnológica importante en México comparado con otros países de primer mundo; esta brecha se ha reducido debido a que PEMEX ha adquirido o comprado dichos desarrollos tecnológicos, sin embargo esto ha dado lugar a que la investigación y el desarrollo tecnológico en México se vea muy limitado y en ocasiones nulificado.

Es de vital importancia para el crecimiento de la industria petrolera en cualquier país que cuente con centros o institutos de investigación y desarrollo tecnológico que sean competentes y que garanticen la solución de problemas a los cuales se enfrenta la industria día a día; los cuales están siendo desarrollados por las grandes empresas petroleras con el fin de poder aplicar esa tecnología para eficientar los procesos de exploración, producción y también vender su tecnología o lograr alianzas tecnológicas que los posicionen dentro del mercado petrolero mundial.

Tal es el caso de Venezuela donde el mayor crecimiento que experimentó su industria petrolera en la década pasada, se debió en buena medida a la creación de institutos especializados en investigación y desarrollo de tecnología, con una gran cantidad de doctores y especialistas en las diferentes áreas que comprende la industria de exploración y producción, tal caso los exponemos a continuación más a detalle.

Caso Venezuela

Uno de los momentos de mayor trascendencia dentro de la industria petrolera venezolana, sin lugar a dudas, fue durante el proceso de apertura de la industria petrolera estatal, (quien de acuerdo a su ley orgánica Artículo 5, reserva al Estado la industrialización y comercialización de los hidrocarburos), al capital privado o a la inversión privada, esto surge por diferentes factores entre ellos:

- Crecimiento de la demanda energética mundial (1.6 - 2.2 % anual)
- Cuantiosos recursos de hidrocarburos por descubrir y grandes volúmenes de crudos extra-pesados en la Faja del Orinoco
- Necesidad de incentivar inversiones extranjeras, capitales privados, como mecanismo de generación de empleo y desarrollo económico del país
- Requerimientos gubernamentales de incrementar participación fiscal del negocio petrolero
- Necesidad de crecer tanto en reservas de petróleo y gas como producción de hidrocarburos
- Alto número de yacimientos inactivos y/o marginales, de altos requerimientos tecnológicos no considerados en el plan de negocios

Se desarrollaron las condiciones necesarias para diseñar y aprobar el proceso de Apertura Petrolera en cuestiones del marco legal, financiero y fiscal. Hubo diferentes procesos por medio de los cuales se logró dicha apertura con la participación de más de 55 compañías; entre los procesos más importantes se encuentran:

1. Se generaron los esquemas de exploración a riesgo y ganancias compartidas.
 2. Asociaciones estratégicas y alianzas estratégicas.
 3. Se desarrollaron diferentes Convenios Operativos, que son contratos de Servicios de Operación diseñados para la reactivación y desarrollo de campos petroleros inactivos, con poca actividad en los planes de negocios y /o alto riesgo tecnológico.
- La Nación mantiene la propiedad de los Hidrocarburos y los Activos utilizados en la explotación de los yacimientos
 - Las empresas actúan como contratistas y proporcionan los servicios a su riesgo y costo, realizando todas las operaciones requeridas para producir los Hidrocarburos en un área claramente definida. En algunas áreas también se incluye la actividad Exploratoria

En el ámbito de la tecnología se generaron algunos avances que han logrado solucionar problemas técnicos, que al cristalizar alianzas tecnológicas han puesto a la vanguardia en desarrollo tecnológico a la industria petrolera venezolana.

De igual forma se establecieron convenios con universidades, para la formación y capacitación técnico-económica tanto del personal operativo como de los académicos y estudiantes universitarios, sirviendo de fuente alterna y complementaria para las universidades.

Existió una cooperación de ciertas áreas a través de empresas mixtas con personal Petróleos de Venezuela (PDVSA)/Universidades, donde el financiamiento estuvo bajo la responsabilidad de Petróleos de Venezuela (PDVSA).

Los procesos de la apertura generaron cuantiosos beneficios tanto para el estado como para las compañías inversoras, tales como incorporación de reservas, generación de empleos, bienes y servicios e inversión social, inversiones en infraestructura y pozos, transferencia tecnológica, fuentes alternas de gas no contempladas originalmente y se generó una potencialidad para incrementar capacidad de producción a unos 1600 000 BPD.

Los resultados fueron favorables para Venezuela

- Valor para la Nación por 11.1 Miles de millones de dólares.
- Generación de más de 1 MMMBLS de reservas y desarrollo de más de 500 MBD Producción. Producción Acumulada del orden de 660 MMBLS.
- Inversiones en infraestructura y pozos por el orden de 7 Miles de millones de dólares
- Fuerza Hombre participante de 9800 personas.
- Bienes y servicios al aparato productivo nacional por el orden de 3 Miles de millones de dólares.
- Inversión Social mayor a 2 Miles de millones de dólares.

Los resultados presentados son exclusivos de Venezuela, son informativos y se concluye que no deben ser iguales en caso de aplicarse las mismas estrategias en otras economías.

Caso Instituto Mexicano del Petróleo

En el caso de México se creó el Instituto Mexicano del Petróleo IMP, el año de 1965 con ese mismo objetivo, de asegurar el fortalecimiento de la investigación y desarrollo tecnológico, con programas y proyectos de investigación de punta, y orientando sus esfuerzos hacia soluciones con servicios integrados a plena satisfacción de Petróleos Mexicanos.

Algunas de las funciones del IMP se han desviado en buena medida de su objetivo fundamental, ya que para solucionar los problemas a los que se enfrenta la industria petrolera nacional, se tiene que comprar o rentar (por medio de licencias u otras medidas), la tecnología ya desarrollada por otros países o compañías, que le cuestan al país grandes cantidades de capital, convirtiéndose fundamentalmente en una compañía de servicios, la cual le renta el personal y vende servicios a PEMEX, en muchas ocasiones utilizando el software o tecnología desarrollada por otras instituciones o empresas.

El IMP trabaja en convenio con las universidades nacionales e internacionales a fin de capacitar tanto a sus empleados, como a los estudiantes de licenciaturas o posgrados en México a fin de contar cada vez más con el personal capacitado para desarrollar sus funciones eficientemente.

Sin embargo la creación reciente de un posgrado interno en el IMP con programas no competitivos y con una escasez de personal que imparta dichos cursos, da la impresión para muchos profesionistas de que busca actividades que justifiquen su existencia, cuando su existencia ya está justificada siempre y

cuando cumpla con sus objetivos para lo cual fue creado y que de cumplir con dichas funciones impulsaría enormemente la industria petrolera en México.

Caso Pemex Exploración Producción (PEP)

En el caso de PEMEX y en específico PEP, se ha planteado conveniente convertirse en seguidor fuerte en tecnología; ya que no la desarrolla, sino que la adquiere de otras empresas, para apoyar sus objetivos de negocio, y busca ser un comprador muy inteligente de tecnología, con base en la mejor información disponible. Además plantea mejorar sus prácticas para aplicar la tecnología que obtiene principalmente en las siguientes áreas:

- Yacimientos naturalmente fracturados
- Yacimientos areno-arcillosos
- Explotación de crudo pesado
- Aguas profundas.

Caso Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

En el caso de la UNAM y en específico de la Facultad de Ingeniería, existe un convenio que establece la colaboración entre el IMP, PEP, y el CIPM, para elevar la calidad académica de los estudios de ingeniería petrolera, que imparte la facultad, a través del fortalecimiento de plantas docentes, el mejor equipamiento de laboratorios, bibliotecas y sistemas de cómputo, y la realización de prácticas de campo, y contribuir así a la superación profesional de los recursos humanos conforme a las necesidades actuales y futuras de la industria petrolera, en los niveles de licenciatura y posgrado en ingeniería petrolera.

Recapitulando podemos observar a través del análisis elaborado que en México en materia de tecnología (Desarrollo e investigación) existe un rezago y una brecha relevante en comparación con los países y compañías que están a la vanguardia, ya que los centros de investigación y desarrollo tecnológico en México han desviado sus funciones de su objetivo fundamental, dando lugar a una industria petrolera mexicana dependiente de avances y desarrollos tecnológicos de otros países limitándola en la posibilidad de competitividad a nivel internacional.

6.2 Posibles Estrategias

A partir de los diagnósticos de las necesidades tecnológicas y el análisis de la situación actual de la industria petrolera nacional, se establecen estrategias concretas, las cuales deben corresponder a las líneas de oportunidad para la adquisición y la adecuada gestión tecnológica. Para la generación de estas propuestas de desarrollo tecnológico, se consideraron los valiosos comentarios de profesionistas, que conocen la problemática del IMP, UNAM y PEMEX, quienes amablemente accedieron a aportar sus comentarios

- Ing. Mario Becerra Zepeda
- Ing. Santos Reyes González
- Ing. Lisandro Salinas Salazar
- Ing. Manuel Villamar Viguera

Es importante mencionar que las conclusiones aquí plasmadas son estrictamente derivadas del criterio de la autora de este trabajo y del director de tesis.

Estrategias para el desarrollo de la Industria Petrolera Nacional, a través del mejor uso de su tecnología.

Entre las estrategias a corto y largo plazo, que son fundamentales en el proceso eficiente de adquisición, asimilación, adaptación y desarrollo tecnológico en este trabajo se proponen las siguientes estrategias:

1.- Eficientar y complementar los institutos y centros de investigación ya existentes, para promover el desarrollo de proveedores nacionales de equipos tecnológicos en todas las áreas competentes dentro de la industria (software, equipos de perforación, de transporte de hidrocarburos, de instrumentación y control, etc.).

2.- Creación de centros de investigación, tales como un centro nacional para caracterización y simulación de yacimientos, un centro nacional de interpretación y modelado geológico y un centro nacional de tecnologías de exploración y producción petrolera.

3.- Apoyar y desarrollar la infraestructura tecnológica; y vincular de manera estrecha todas las actividades tecnológicas, según las necesidades de la industria petrolera operativa.

4.- Desarrollar las áreas de administración del conocimiento e inteligencia tecnológica ya existentes en las instituciones, para la adecuada actualización y gestión del conocimiento tecnológico y el acortamiento de las brechas tecnológicas existentes.

5.- Adaptar la planeación estratégica y tecnológica, a la identificación de proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I&DT) que sirvan a la industria.

- En el caso IMP y la UNAM, deberán revisarse periódicamente y en su caso modificar sus programas institucionales de I&DT, a fin de adaptarlos a los retos y oportunidades que presente la industria, promoviendo la formación de recursos humanos de alta calidad y permitiendo la adquisición de infraestructura avanzada.

6.- Orientar las acciones de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I&DT), hacia un enfoque de innovación tecnológica.

Tanto el Instituto Mexicano del Petróleo, como PEMEX y las instituciones de educación superior en el ramo, entendidas éstas como la Facultad de Ingeniería de la UNAM y el Instituto Politécnico Nacional, deberán ser instituciones productoras de innovaciones tecnológicas, cada vez más ligadas al desarrollo tecnológico. Por lo tanto se requiere un equipo humano altamente capacitado y equipado apropiadamente para:

- Desarrollar, adquirir u orientar la investigación básica aplicada, y el desarrollo tecnológico hacia áreas críticas presentes y futuras para el sector petrolero.
- Hacer prospectiva sobre necesidades que la industria todavía no identifica.

7.- Estructurar esquemas más completos de monitoreo tecnológico para proponer opciones de desarrollo para la industria petrolera, con base en el avance de la ciencia y la tecnología.

Se debe integrar un amplio programa de evaluación de tecnologías emergentes y de adquisición y adaptación de tecnologías, en áreas de muy rápida evolución.

Además deberá ser posible definir campos estratégicos de investigación y desarrollo de tecnología de punta en áreas de oportunidad, tales como:

- Desarrollo de software
- Hidratos de metano
- Combustibles ultralímpios
- Celdas de combustible
- Nanotecnología

8.- En el caso de las diferentes instituciones de investigación y desarrollo tecnológico que existan en el país, principalmente el IMP, deberán ofrecer una atractiva oferta laboral para captar personal mejor capacitado y que cumpla con los requerimientos que una institución de investigación demande.

9.- Las Instituciones de investigación y gestión tecnológica deberán tener una dirección con una visión amplia de las necesidades fundamentales de la industria en México, las urgentes y las futuras, con una mayor libertad de gestión. Incluyendo a las Instituciones de Educación Superior nacional ligadas a la industria petrolera.

10.- Tanto las compañías operadoras como las instituciones de investigación deberán generar convenios con Instituciones de educación superior (IES) Nacionales e Internacionales; a fin de capacitar su personal, fortalecer y complementar sus competencias internas.

Se deberá concertar alianzas estratégicas con instituciones educativas públicas y privadas nacionales e internacionales con el fin de complementar sus competencias y fortalecer el desarrollo de su personal así como promover la excelencia académica en sus recursos humanos, con miras a eficientar su objetivo de desarrolladores tecnológicos.

11.- Lograr alianzas estratégicas y tecnológicas con empresas de tecnología, que posicionen a la industria petrolera nacional dentro del mercado petrolero mundial como creadora de tecnología, a fin solucionar los problemas imperantes y urgentes a los que se está enfrentando.

Las estrategias tecnológicas deben contemplar para su integración y operación de acciones en los diferentes niveles del sector petrolero nacional, es decir en el contexto de:

1. Las tecnologías Duras; las cuales son de tipo operativo.
2. Las tecnologías Suaves; las cuales son de tipo administrativas.
3. Una estructura organizacional dinámica y eficiente
4. Crear y mantener las capacidades y habilidades de los recursos humanos al más alto nivel de competencia¹⁶.

Todo lo anterior, ayuda a eliminar la dependencia creciente de los trabajos de las compañías de servicio y promover la autonomía tecnológica del sector petrolero nacional, al menos como ocurría en las décadas de los años setentas y ochentas cuando las reservas petroleras fueron incrementadas de manera continua y eficiente.

Para ello, las estrategias tecnológicas se deben actualizar de acuerdo a la situación y al diagnóstico por el que atraviese la industria petrolera y a las necesidades que presente.

A continuación, en la Figura 6.1 se presenta la estrategia tecnológica seguida por PEP en los últimos años:

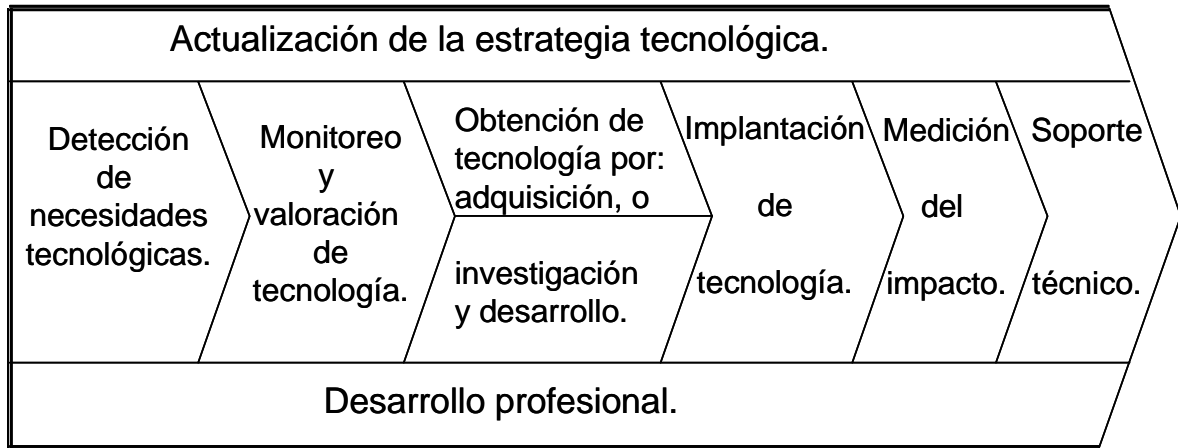


Fig.6.1.- Proceso de la Actualización Tecnológica (PAT)¹

Para llevar a cabo de manera efectiva el Proceso de Actualización Tecnológica es necesario entre otras cosas modificar en caso necesario, la estrategia tecnológica para mantenerla alineada con el Plan de negocios vigente.

De principio, se deberá identificar las necesidades de tecnología que permitan cumplir los objetivos de negocio, alineados con la estrategia tecnológica, así como buscar opciones que permitan satisfacer las necesidades tecnológicas detectadas y evaluar los posibles beneficios financieros, técnicos, sociales y ambientales de dichas opciones.

Identificadas las oportunidades se deberá obtener la tecnología requerida mediante dos diferentes vías:

1) Compra, renta o transferencia,

2) Investigación y desarrollo, Asegurando que la formulación y selección de los proyectos de investigación y desarrollo, estén alineados con las necesidades del negocio, y que sigan el modelo de tercera generación de investigación y desarrollo.

Habiendo obtenido la tecnología óptima se deberá implantar dicha tecnología obtenida, operando de manera eficiente la tecnología adquirida, y asegurar el aprendizaje de las nuevas técnicas y conocimientos.

Una vez implantada la tecnología será necesario evaluar el resultado financiero, técnico, social y ambiental de la tecnología implantada, al compararlo con las expectativas y la situación actual. Dicha tecnología deberá contar con un soporte técnico, el cual mantenga la tecnología en óptimas condiciones de operación, a través de la identificación y satisfacción de necesidades de servicios técnicos.

Estando instalada y en operación la tecnología adquirida, es necesario asegurar la operación del sistema de desarrollo profesional que permita soportar la estrategia tecnológica y elevar el nivel de conocimientos técnicos del personal profesional.

6.3 Adaptación y Asimilación Tecnológica

Existen algunas ramas tecnológicas, donde el sector petrolero nacional (PEP e IMP), ha comenzado a tener un cierto manejo tecnológico en el uso y aplicación donde se requieren soluciones inmediatas, como ya lo hemos mencionado en capítulos anteriores.

La asimilación tecnológica comprende varios rubros que incluyen las capacidades y habilidades profesionales como infraestructura, herramientas y metodologías tecnológicas.

Sin embargo falta aún un gran camino por recorrer, ya que PEMEX ha invertido una gran cantidad de recursos en materia de adaptación y asimilación tecnológica, y dichas inversiones no corresponden a los resultados obtenidos

los cuales se obtienen por diversas razones, en manera particular consideramos que las principales razones son:

- Barrera cultural y del lenguaje, ya que una gran cantidad de operadores no domina el idioma inglés, y los manuales de operación de los equipos o el software adquirido maneja como lenguaje principalmente el idioma inglés.
- Falta de capacitación de los operadores, los operadores no han sido debidamente capacitados para operar, manejar y manipular el equipo a utilizar ocasionando desperfectos en el equipo u obteniendo resultados incorrectos.
- Incorrecta aplicación de la tecnología, cuando no se realiza un correcto estudio y análisis de la tecnología necesitada para cada caso, o no existe una adaptación correcta de la tecnología adquirida para cada caso en particular, alejando los resultado obtenidos de los deseados.
- Correcto seguimiento del proceso de administración tecnológica, para poder identificar casos en los cuales es necesario rediagnosticar el uso de tecnología óptimo a fin de eficientar dicho proceso.

6.4 Transferencia y Gestión Tecnológica

Al interior de la industria petrolera y hacia su estructura operativa y de producción, son determinantes las estrategias encaminadas a la creación, mantenimiento y consolidación de planes, organismos y entidades tecnológicas para la integración de las tecnologías en el sector petrolero.

Durante la última década, la industria petrolera mexicana ha dependido en buena medida del desarrollo tecnológico de las grandes empresas petroleras

desarrolladoras de tecnología, viéndose en la necesidad de adquirirla de éstas, realizando una transferencia de la misma, como ya se ha mencionado, adaptándola a los retos tecnológicos nacionales.

La evidente rapidez con que cambia la tecnología en la industria de exploración & producción en el mundo ha obligado a PEP a tomar acciones dirigidas para acortar la distancia que separa a esta empresa de las más avanzadas; en específico PEP al no ser una empresa desarrolladora de tecnología tiene entre otras políticas:

- Se emplea el modelo de adquisición masiva de tecnología y casi se ha descartado la investigación y desarrollo.
- La adquisición de tecnología en PEP ha estado enfocada a la reducción de costos de producción y, en pocos casos, a maximizar la recuperación final (inyección de N₂ en Cantarell) o al incremento de la producción (pozos multilaterales, horizontales, de alcance extendido).
- La transferencia efectiva de tecnología depende, entre otros factores, de la capacidad de asimilación del personal de los activos y de las habilidades para administrar los contratos.

Para realizar la transferencia y gestión tecnológica PEMEX debe buscar:

- Asegurar la aplicación ordenada de tecnologías convenientes a los proyectos de inversión.
- Identificar y seleccionar las tecnologías adecuadas que proporcionen soporte a los proyectos de inversión.
- Coordinar la realización de pruebas de tecnologías en los activos.
- Coordinar la operación de las redes de expertos.
- Promover, a través de consorcios y centros de investigación, convenios de colaboración y desarrollo de tecnologías de interés a PEP.

- Promover, mediante alianzas tecnológicas con operadoras líderes, proyectos de transferencia efectiva de tecnología hacia PEP.
- Considerar la I-DT y las Alianzas tecnológicas, como opciones viables para el acceso a tecnologías

6.5 Alianzas Estratégicas

Ya que existe una brecha importante de tecnología entre la industria petrolera nacional y la internacional o entre PEMEX y las grandes compañías y el rápido crecimiento y cambios tecnológicos en la industria de exploración producción, es necesario realizar alianzas estratégicas por medio de las cuales se tenga acceso a la tecnología, ya que si actualmente se intenta desarrollar la tecnología transcurrirá un largo tiempo para empezar a competir con la tecnología ya desarrollada por otros países o compañías.

A continuación se presenta, dentro de contexto el comportamiento evolutivo de las grandes compañías petroleras mundiales, las similitudes y diferencias respecto a nuestra empresa, PEMEX, y lo que podría ser el camino hacia un PEMEX más fuerte, resaltando la importancia de las Alianzas estratégicas.

Mencionando así, como ejemplo ilustrativo, la **Estrategia de las siete hermanas:**

Durante décadas la industria petrolera ha atravesado por altibajos, con crisis muy profundas en algunos momentos y en otros con estabilidad, ello ha sido producto de las volátiles condiciones que han caracterizado a la industria y que han involucrado tanto a las grandes compañías petroleras como a los países productores.

Sin embargo, desde la década de los años noventa, la industria petrolera internacional, tanto en el caso de las compañías privadas como de las estatales, ha experimentado una transformación de fondo que ha modificado la estructura de la industria, sus formas de operación y el enfoque de hacer negocios.

La transformación ha consistido, entre otras cosas en los notables avances tecnológicos registrados tanto en la exploración y explotación de hidrocarburos, como de manera particular, en la explotación de yacimientos maduros. De lo que se trata ahora es de llevar a cabo las actividades de exploración y explotación con menores tiempos y mayor eficacia.

Como parte de la reestructuración de la industria, se han desarrollado también nuevos instrumentos de inversión y cobertura de riesgos, que han ampliado los mercados.

En la búsqueda de una mayor productividad, las grandes empresas también efectuaron una cuidadosa revisión de sus carteras de inversión y de negocios realizando una depuración y conservando sólo los más rentables. Específicamente -y sobre todo a fines de la década anterior- las compañías privadas conocidas como las "siete hermanas" han llevado a cabo un proceso de desarrollo consistente en realizar mega-fusiones estratégicas, con el objeto de ser complementarias según la especialidad o campos de mayor fortaleza que habían alcanzado, a fin de lograr mayores grados de eficiencia, productividad, capacidad de competencia y rentabilidad.

En general, estas compañías han seguido dos tipos de estrategias una hacia una mayor escala de operaciones y otra hacia un mayor valor de mercado. Así, se unieron Exxon con Mobil, British Petroleum (BP) con Amoco y Arco, Chevron con Texaco, y Shell se ha mantenido como Shell Group (Royal

Dutch/Shell), convirtiéndose de siete en "cuatro hermanas", pero de mayor dimensión y con mayor capacidad de desarrollo.

Las empresas que han logrado una mayor escala de operaciones son Exxon/Mobil, Royal Dutch/Shell y BP Amoco/Arco.

Otras empresas se han orientado a elevar su valor en el mercado a través de la especialización y la optimización de su desempeño; entre ellas se encuentran Chevron/Texaco.

Como puede verse, los procesos que han seguido para impulsar el desarrollo las principales empresas petroleras, tienen características propias, pero también algunos elementos en común, como son:

- a) Una racionalización de activos, desprendiéndose de aquellos que no tenían una rentabilidad suficiente.
- b) Un mejor desempeño operativo.
- c) Un mayor desarrollo de habilidades.
- d) Crecimiento interno, donde se identificaron las principales fortalezas de la empresa y se logró apalancar el modelo de negocio en una base más amplia de activos.
- e) Un crecimiento con base en fusiones y adquisiciones con un criterio de complementariedad funcional o geográfica, a fin de explotar las ventajas generadas por el incremento en tamaño.

La nueva estructura de la industria caracteriza un mercado donde hay distintos tipos de jugadores y donde el juego no es homogéneo para todos, sino que cada uno ha de hacer el esfuerzo que permita aprovechar al máximo sus propias ventajas diferenciadas.

En la actualidad, más de dos terceras partes de las reservas mundiales de hidrocarburos son de propiedad estatal y, por ello, tradicionalmente han sido explotadas por empresas nacionales en forma exclusiva o, al menos, privilegiada. En contraposición, en una relación por demás interesante, las principales compañías privadas controlan prácticamente el 75 por ciento de la comercialización mundial de productos petrolíferos.

Esto se debe a que las empresas petroleras privadas dedican sus esfuerzos a la explotación eficiente y acelerada de los yacimientos y a la comercialización de productos petrolíferos utilizando nuevas tecnologías, incluyendo el uso de medios electrónicos.

En la actualidad, las compañías privadas ya cuentan con un mayor acceso a yacimientos y reservas nacionales, es decir, han logrado avanzar en este terreno, manteniendo su preeminencia en la comercialización. En efecto, algunas reservas de propiedad estatal tienen ya diferentes grados de apertura a la inversión privada, por ejemplo, Arabia Saudita, Venezuela, Brasil e Irán.

Es evidente cuál ha sido el camino que han seguido las empresas petroleras privadas: un camino de alianzas, fusiones y adquisiciones, de buscar complementos, de asociar habilidades y ventajas y eliminar lo inconveniente, lo obsoleto, lo improductivo.

Al ser PEMEX una empresa nacional tiene limitaciones jurídicas que las empresas privadas no enfrentan, y ha tenido ventajas al contar con acceso exclusivo a la explotación de las reservas de hidrocarburos de México, también ha tenido el monopolio en materia de refinación; pero estas condiciones ya no son suficientes para impulsar un mayor desarrollo y alcanzar una mayor competitividad.

Es por ello que se debe contar con nuevos esquemas de financiamiento para el desarrollo del negocio ya sea con la inversión privada, o pública con diferentes esquemas fiscales y de autonomía de la compañía estatal, tanto en el negocio de exploración producción así como para el impulso en petrolíferos, gas y petroquímica.

Y al ser una empresa estatal tiene implícitas responsabilidades de promoción del desarrollo económico e, incluso, compromisos sociales directos que las empresas privadas no tienen. A pesar de todo ello, PEMEX podría tener un desarrollo similar al de las grandes empresas privadas en los últimos años, con base en tres enfoques principales:

- a. Su base fundamental de actividad son las reservas y su explotación eficiente, por lo tanto sólo podrá crecer a niveles más altos si logra incrementarlas y explorarlas tan eficazmente como sus pares mundiales,
- b. En cuanto al aspecto de la comercialización, PEMEX necesita desarrollar un programa en esta actividad más ambicioso y agresivo, consistente con la apertura y la mayor competencia a la que podrá enfrentarse en el futuro, y
- c. Sin duda es conveniente realizar asociaciones estratégicas que permitan el beneficio mutuo (principalmente el de la compañía nacional) con otras empresas en todos los aspectos que nuestras leyes permitan.

Hoy en día, PEMEX enfrenta grandes retos para poder impulsar considerablemente su crecimiento y poder maximizar su valor económico.

6.6 Inversión en Investigación y Desarrollo de Tecnología

En el mundo, del total de la inversión para el desarrollo e investigación de tecnología solamente el 0.33% se destina para la industria de Exploración Producción, lo cual limita de manera sustancial el desarrollo de la misma. Las empresas petroleras más importantes en el mundo realizan grandes inversiones de dinero para el desarrollo e investigación tecnológica, por las elevadas expectativas que tienen de poder aprovecharla en los distintos países en donde operan.

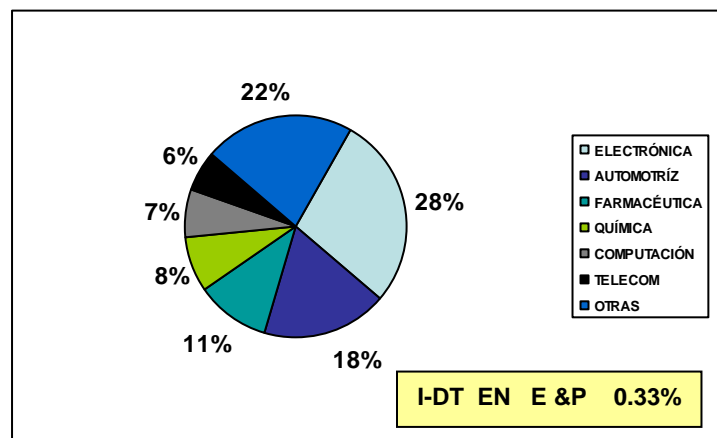


Fig.6.2.- Inversión en I-DT¹⁸

| | Gasto en MM/dólares I & DT | Ingresos MM/dólares | %de I & DT ingresos | Ingresos personal |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Schlumberger | 704 | 14,000 | 5.1 | 8.7 |
| Exxonmobil | 603 | 188,000 | 0.3 | 6.2 |
| ElfAquitaine | 462 | 106,000 | 0.4 | 3.8 |
| Royal Dutch Shell | 387 | 135,000 | 0.3 | 4.3 |
| BP | 385 | 174,000 | 0.2 | 3.5 |

Fig.6.3- Cantidades globales para I-DT presupuestos

Podemos notar la gran cantidad de recursos asignados al desarrollo tecnológico por parte de las compañías petroleras y de servicios que se han posesionado como las más importantes en el mundo debido precisamente a sus avances tecnológicos, contrario a lo que sucede en México en donde dependemos de la tecnología desarrollada por dichas corporaciones, las cuales las venden no a bajo costo.

En México no existe una inversión significativa en la investigación y desarrollo tecnológico, en porcentaje, podríamos decir que no alcanza el 2% de inversión de BP, esto debido principalmente a las políticas en materia de desarrollo tecnológico utilizadas en la industria petrolera nacional, y debido también a los escasos resultados logrados en las inversiones realizadas.

6.7 Régimen Fiscal en PEMEX

Todas las estrategias tecnológicas que puedan implementarse al interior del sector petrolero (PEMEX e IMP), solamente tendrán resultados en el marco de políticas gubernamentales acorde al fortalecimiento y autonomía de gestión administrativa y tecnológica, y fundamentalmente, al interés nacional.

La comercialización del petróleo crudo juega un rol de vital importancia dentro de la economía mexicana. La capacidad de generación de utilidades y de aportaciones fiscales de PEMEX apoya de manera fundamental a las finanzas públicas.

En el ejercicio 2004, PEMEX Exploración y Producción aportó, por concepto de derechos e impuestos, 415 mil 709 millones de pesos a las finanzas públicas nacionales, cifra sin precedentes en las estadísticas fiscales de la empresa y superior, en términos reales, en 117 mil 551 millones respecto de su contribución hacendaría de 2003.

Dicha aportación fue equivalente al 88% de los impuestos totales reportados por Petróleos Mexicanos y al 33% de los ingresos fiscales del gobierno federal.

Esta carga fiscal es agobiante para Petróleos mexicanos, y la ha llevado al punto del colapso, dicho por propias palabras del actual director de PEMEX el Ing. Luís Ramírez Corzo que subrayó que de no invertirse urgentemente en la industria petrolera en México, y de continuar con la misma carga fiscal, PEMEX en 10 años se convertirá en una empresa importadora de hidrocarburos afectando incalculablemente la economía mexicana tan dependiente de comercialización de los mismos.

Durante los últimos años, el crecimiento de la deuda de PEMEX y la disminución de su patrimonio la han colocado en una situación muy delicada, a pesar de que los altos precios del petróleo la deberían de haber beneficiado, como hemos mencionado de no hacerse nada al respecto, la producción de hidrocarburos y la generación de riqueza por parte de la empresa empezarán a disminuir drásticamente, y con ello, su aportación a las finanzas públicas.

Estamos concientes de que PEMEX desarrolla una importante labor social en el país y que debe aportar con impuestos regulares y no con pesadas cargas que impidan el fortalecimiento y que permitan la permanencia y continuidad de la empresa de todos los mexicanos.

El régimen fiscal de PEMEX vigente en 2004, contenido en la ley de Ingresos de la Federación, dispone el pago de los impuestos específicos, entre otros se encuentran los siguientes:

- Derecho sobre la extracción de petróleo

- Derecho extraordinario sobre la extracción de petróleo;
- Derecho adicional sobre la extracción de petróleo;
- Impuesto a los rendimientos petroleros y
- Aprovechamiento para obras de infraestructura, antes aprovechamiento sobre rendimientos excedentes.

Además de estos impuestos, está sujeto al impuesto especial sobre producción y servicios, al impuesto al valor agregado, a la importación, exportación y a otros derechos y obligaciones.

Con los primeros cinco impuestos específicos mencionados, Petróleos Mexicanos paga 60.8 por ciento sobre sus ingresos brutos, incluido el impuesto especial sobre producción y servicios, y cuando en el mercado internacional el precio promedio ponderado de los hidrocarburos, exceda el precio establecido en el Presupuesto de egresos de la Federación, la empresa paga un impuesto más sobre el rendimiento acumulado.

En resumen durante los últimos años la situación de PEMEX en general se ha agravado considerablemente, esto debido principalmente a la fuerte carga fiscal a la que está sometido. Convirtiendo a PEMEX en víctima de su propio éxito y en vista del presupuesto anual federal, de una tributación excesiva, auditorías y supervisión excesiva. De no hacerse nada al respecto disminuiría drásticamente la producción de hidrocarburos y la generación de la riqueza y con ello su aportación al gobierno federal, es por ello que es necesario el cambio de dicho régimen fiscal.

Las expectativas para modificar el esquema fiscal de PEMEX han sido altas y durante los últimos años se han insistido en esa transformación como solución a los problemas que enfrenta la paraestatal, de tal forma que las contribuciones fiscales de PEMEX estén acordes a la realidad de la explotación económica de los yacimientos.

Por lo tanto se considera que más allá de los debates y diagnósticos realizados y presentados anteriormente, se debe forzosamente trabajar para construir un camino que establezca cambios graduales posiblemente pero consistentes, para lograr corregir los límites y carencias de modelos estatales y dar lugar a cambios sustanciales que fortalezcan e impulsen la industria petrolera Mexicana.

CONCLUSIONES

Hoy en día existen muchos temas a los que se les presta una gran atención, en comparación con la poca importancia que se le da al tema de la tecnología, sin embargo los países y empresas que a la larga resultan exitosos económicamente, sin excepción, invierten en tecnología.

Como lo hemos planteado anteriormente, no es casual que países que ocupan los primeros lugares en inversión de desarrollo de tecnología sean también calificados como los más competitivos, con mejores niveles de vida, y en algunos casos como los que tienen los mejores sistemas educativos en el mundo.

En México nos encontramos en una situación de rezago en materia de tecnología específicamente en la industria petrolera, que nos hace dependientes de otros países y compañías desarrolladoras de tecnología. A continuación se plantean las consideraciones alcanzadas durante el desarrollo del presente trabajo:

1.- Para acortar las brechas tecnológicas que limitan el crecimiento de la industria petrolera nacional, es necesario realizar acciones estratégicas que permitan disminuir la dependencia de México de otros países y de empresas generadoras de tecnología.

2.- El **IMP** como soporte tecnológico de **PEMEX** tiene una necesidad urgente de replantear sus estrategias para cumplir con sus objetivos fundamentales de promover el desarrollo y la investigación tecnológica petrolera que posicionen a México como un país generador de tecnología y principalmente que responda a las necesidades técnicas imperantes de la industria petrolera mexicana.

3.- Las **IES** incluidas la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional, deberán desarrollar convenios eficientes de cooperación mutua tanto con el Instituto Mexicano del Petróleo, la Secretaría de Energía y PEMEX, para fortalecer los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

4.- **PEMEX** debe representar un fuerte apoyo y colaboración en el proceso de desarrollo e investigación tecnológica del país, así como ser promotor nacional de las necesarias alianzas intelectuales y tecnológicas. De acuerdo con sus políticas de gestión tecnológica, **PEMEX** deberá realizar un sondeo, identificación, análisis y selección de las tecnologías existentes en el mundo, asegurando la adaptación, asimilación y aplicación ordenada de tecnologías convenientes a los proyectos de inversión de la industria petrolera nacional.

5.- Las alianzas estratégicas tecnológicas son vitales y necesarias para el país ya que permitirán a la industria nacional posicionarla en la vanguardia tecnológica, para así poder desarrollar e impulsar la investigación y desarrollo tecnológico, que lo mantenga como puntero en dicha materia.

En este rubro en el que se pronostican inminentes alianzas estratégicas, cabe destacar que la detección, asimilación y aplicación de las mejores tecnologías constituye una de las premisas fundamentales de las empresas para mejora continua de los procesos y su permanencia en un mercado de grandes competidores.

6.- La creación de centros desarrolladores de tecnología, casos de Venezuela y Singapur, involucró en la formación de centros de investigación para su crecimiento.

Se llegó a la consideración de que no es plenamente necesaria la creación en México de centros desarrolladores de tecnología, sino que proponemos propuestas y estrategias que impulsen a las instituciones ya existentes que tienen relación directa con la industria petrolera, y que éstas puedan buscar conjuntamente el avance en el desarrollo tecnológico del país en el ámbito petrolero.

7.- El sector petrolero del país posee las potencialidades necesarias para fortalecerse y capitalizarse, afrontando los retos actuales y futuros y madurar sus capacidades tecnológicas, las alternativas son dos principalmente: autosuficiencia y autonomía tecnológica o dependencia creciente y limitación de crecimiento.

A continuación se enlistan los retos que enfrenta y que enfrentará en un futuro muy próximo, la Industria Petrolera Nacional.

El gran potencial en aguas profundas y ultra profundas del Golfo de México, la declinación de la producción del Activo Integral Cantarell y el intento de sustituir esta declinación con producción de otros campos petroleros, tales como Ku Maloob Zaap, Crudo Ligero Marino, Jujo Tecominoacán etcétera., la compleja geología que alberga grandes cantidades de crudo contabilizado como recurso prospectivo en Chicontepec, etcétera.

Será necesario contar con una adecuada explotación de campos maduros, los cuales existen en un buen número en México. Y se deberá contar con la capacidad de aseguramiento de producción y manejo de crudo pesado y extra pesado, principalmente proveniente de la explotación de campos en aguas profundas.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la tecnología más adecuada que permita hacer un desarrollo y explotación de yacimientos complejos, de manera rentable dada la magnitud de inversión que se requiere.
- Dominar a corto plazo la tecnología apropiada para explotar, transportar, manejar, acondicionar y procesar crudos pesados y extrapesados, mejorando su calidad, con el propósito de maximizar la rentabilidad de los proyectos de inversión.
- Realizar convenios con empresas propietarias de tecnología, hasta donde lo permita el marco legal actual, para acelerar la adquisición de conocimiento y estar en condiciones de explotar en el mediano plazo los yacimientos en aguas profundas.
- Aplicar los métodos más adecuados para cada campo con la tecnología actual y eficientar los procesos de recuperación secundaria y mejorada que se aplican actualmente con el objeto de aumentar el factor de recuperación en campos maduros.
- Incrementar el número y capacidades de los especialistas en E&P en la Industria Petrolera Nacional.
- Generar y aplicar Procesos de Trabajo Integrales, con grupos multidisciplinarios de trabajo.
- Desarrollar capacidades tecnológicas para la E&P en Tecnologías críticas para **PEMEX**.

De esta forma consideramos que afrontaremos exitosamente los retos y desafíos que demanda la Industria Petrolera Mexicana.

ABREVIATURAS

| | | |
|-----------------|-------|--|
| 3D | ..... | tres dimensiones |
| 4D | ..... | cuatro dimensiones |
| BI | ..... | barril |
| CO ₂ | ..... | dióxido de carbono |
| N ₂ | ..... | nitrógeno |
| M | ..... | metro (unidad de medida de longitud) |
| ESP | ..... | bombas centrífugas electro- sumergibles |
| BTU | ..... | unidad térmica británica |
| MMBD | ..... | miles de barriles diarios |
| MMBD | ..... | millones de barriles diarios |
| MMP | ..... | miles de millones de pesos |
| I&DT | ..... | investigación y desarrollo tecnológico |
| OTC | ..... | Offshore Technology Conference |
| MEAS | ..... | Special Meritorius Award for Enginerring Innovation |
| ESIA-IPN | ..... | Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional |
| IPN | ..... | Instituto Politécnico Nacional |
| LWD | ..... | Sistema Logging While Drilling |
| PDC | ..... | barrenas de diamante policristalino |
| SAGD | ..... | Steam Assisted Gravity Drainage |

| | | |
|-------|-------|---|
| PEMEX | ..... | Petróleos Mexicanos |
| PPQ | ..... | Pemex Petroquímica |
| SEC | ..... | Securities and Exchange Comisión |
| SPE | ..... | Society of Petroleum Engineers |
| WPC | ..... | World Petroleum Congresses |
| UNAM | ..... | Universidad Nacional Autónoma de México |

BIBLIOGRAFÍA

- "Memoria de labores" de Petróleos Mexicanos, Marzo 2005.
- Artículos técnicos de la compañía Schlumberger.
- Camacho-Velázquez, R., Vásquez-Cruz, M., Castrejon-Aivar, R. y Arana-Ortiz, V.: "Pressure Transient and Decline Curve Behaviors in Naturally Fractured Vuggy Carbonate Reservoirs," SPE 77689, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 29 septiembre-2 octubre, San Antonio, Texas.
- Cinco-Ley, H.: "Caracterización Dinámica de Yacimientos".
- Dirección Ejecutiva de Investigación y Postgrado, Instituto Mexicano del Petróleo: "Información del Postgrado del IMP", (jul 2004).
- División de Ciencias de la Tierra, FI-UNAM: "Propuesta Plan de Estudios de Ingeniero Petrolero 2005 ", (jun 2005)
- Dr. Gustavo Adolfo Chapela Castañares,"Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025", Noviembre 2001.
- Facultad de Contaduría y administración "El valor de la tecnología en el siglo XXI". Primera Edición Octubre 2004.
- Horne, R. y Raghavan, R: "Reservoir Description and Dynamics", Spotlight on R&D Series, JPT, marzo 2004.
- J.R. Hite, S.M. Avasthi y P.L. Bondor: "Planning EOR Projects". Artículo SPE No. 92006, SPE International Petroleum Conference in México, Puebla, Pué., 8-9 noviembre, 2004.

- Kabir, A.H.: "Chemical Water & Gas Shutoff Technology - An Overview". SPE 72119, SPE Asia Pacific Improved Oil Recovery Conference held in Kuala Lumpur, Malaysia, 8–9 October 2001.
- Limón-Hernández, T., Graza-Ponce, G. and Lechuga-Aguñaga, C.: "Status of the Cantarell Field Development Program: An Overview". Artículo OTC No. 13175, 2001 Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 30 abril-3 mayo, 2001.
- Lucia, F.J., Kerans, C. y Jennings Jr., J.W.: "Carbonate Reservoir Characterization". SPE Technology Series Today, junio 2003, 70-72.
- M. en C. Luis Ramírez Corso,"Contribución de la tecnología y el desarrollo profesional en PEP". Iniciativas Tecnológicas, PEMEX Exploración Producción, Diciembre 2002.
- Márquez González, C.: "Información Carrera Ingeniería Petrolera" Oficio DIP/293/VI/05 (30jun05).
- Ogunsina, O.O. y Wiggins, M.L.: "A Review of Downhole Separation Technology". SPE 94276, SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City, OK, 17-19 abril, 2005.
- Pérez, A.: "La Recuperación Secundaria en México". Memorias del Foro de Consulta Permanente del Programa Universitario de Energía sobre Recuperación Secundaria y Mejorada de Hidrocarburos, UNAM, julio de 1986.
- Rodríguez, F. Ortega, G., Sanchez, J.L. and Jiménez, O.: "Reservoir Managemet Issues in the Cantarell Nitrogen Injection Project". Artículo OTC No. 13178, 2001 Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 30 abril-3 mayo, 2001.

-
- Rodríguez, F., Arana, V. y Cinco-Ley, H.: “Well Test Characterization of Small- and Large-Scale Secondary Porosity in Naturally Fractured Reservoirs” SPE 90287, SPE ATCE, Houston, Texas, 26-28 septiembre, 2004.
 - Rodríguez, F.: “La Administración de Yacimientos en México: Situación Actual y Perspectivas” .Academia de Ingeniería, abril de 2001.
 - Sánchez, J.L., Astudillo, A.V., Rodríguez, F., Morales, J. y Rodríguez, A.: “Nitrogen Injection in the Cantarell Complex: Results After Four Years of Operation” SPE Paper No. 97385-MS, SPE LACPEC, Río de Janeiro, Brasil, 20-23 junio, 2005.
 - Spath, J., y Judzis, A.: “Promoting R&D in Management and Information”. Spotlight on R&D Series, JPT, febrero 2005, 40.
 - Stosur, G.J.: “EOR: Past, Present and What the Next 25 Years May Bring”. SPE 84864, SPE Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-21 octubre, 2003.
 - V.S. Breit y J.A. Dozzo: “State-of-the-Art” Integrated Studies Methodologies - An Historical Review”. Artículo SPE No. 87032, SPE Asia Pacific Conference on Integrated Modelling for Asset Management, Kuala Lumpur, Malaysia, 29-30 marzo, 2004.
 - Vij, S.K., Narasaiah, S.L., Walia, A. y Singh, G.: “Multilaterals: An Overview and Issues Involved in Adopting This Technology” SPE 39059, 1998 SPE India Oil and Gas Conference and Exhibition, New Delhi, 17-19 febrero, 1998.
 - Xie, X., Weiss, W.W., Tong, Z. y Morrow, N.R.: “Improved Oil Recovery from Carbonate Reservoirs by Chemical Stimulation” SPE 89424, 2004 SPE/DOE Fourteenth Symposium on IOR, Tulsa, OK, 17-21 abril, 2004.

REFERENCIAS

1. M. en C. Luis Ramírez Corso, "Contribución de la tecnología y el desarrollo profesional en PEP". Iniciativas Tecnológicas, PEMEX Exploración Producción, Diciembre 2002.
2. Jesús Guillermo Contreras Nuño "El valor intrínseco de la investigación básica".
3. Gerencia de Gestión y Transferencia Tecnológica. Estrategia tecnológica de PEP, posicionamiento internacional de la empresa en cuanto a aplicación de nueva tecnología.
4. PEMEX Exploración y Producción "Reporte Anual 2004".
5. División de Ciencias de la Tierra, FI-UNAM: "Propuesta Plan de Estudios de Ingeniero Petrolero 2005". (jun 2005).
6. Márquez González, C.: "Información Carrera Ingeniería Petrolera". Oficio DIP/293/VI/05 (30jun05).
7. Dirección Ejecutiva de Investigación y Postgrado, Instituto Mexicano del Petróleo: "Información del Postgrado del IMP". (jul 2004).
8. Kumar, V.K., Fassihi, M.R. y Yannimaras, D.V.: "Case History and Appraisal of the Medicine Pole Hills Unit Air-Injection Project". SPERE (August 1995), 198-202.
9. Greaves, M., Ren, S.R. y Xia, T.X.: "New Air Injection Technology for IOR Operations in Light and Heavy Oil Reservoirs". SPE 57295, 1999 SPE Asia Pacific Improved Oil Recovery Conference, Kuala Lumpur, 25-26 octubre 1999.

10. Moore, R.G., Mehta, S.A. y Ursenbach, M.G.: "A Guide to High Pressure Air Injection (HPAI) Based Oil Recovery". SPE 75207, SPE/DOE Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK 13-17 abril 2002.
11. Stosur, G.J.: "EOR: Past, Present and What the Next 25 Years May Bring". SPE 84864, SPE Improved Oil Recovery Conference in Asia Pacific, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-21 octubre, 2003.
12. Cacas, M.C., Daniel, J.M. y Letouzey, J.: "Nested Geological Modeling of Naturally Fractured Reservoirs". Petroleum Geoscience (2001) 7, S43-S52.
13. Tran, N.H., Rahman, M.K. y Rahman, S.S.: "A Nested Neuro-Fractal-Stochastic Technique for Modelling Naturally Fractured Reservoirs" SPE No. 77877, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Melbourne, Australia, 8-10 octubre 2002.
14. Al-Ghamdi, A. and Ershaghi, I.: "Pressure Transient Analysis of Dually Fractured Reservoirs". SPE Journal, marzo 1996, 93-100.
15. Camacho-Velázquez, R., Vásquez-Cruz, M., Castrejon-Aivar, R. y Arana-Ortiz, V.: "Pressure Transient and Decline Curve Behaviors in Naturally Fractured Vuggy Carbonate Reservoirs". SPE 77689, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 29 septiembre-2 octubre, San Antonio, Texas.
16. Dr. Gustavo Adolfo Chapela Castañares, "Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025". Noviembre 2001.
17. PEMEX. "Memoria de labores". Marzo 2005.
18. Dr. Alma América Porres Luna. "Retos Tecnológicos en Exploración - Producción". 10-noviembre-2005.